



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



oleh

ASMARDI RASYDI
11455105243

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP MENGGUNAKAN U-SLOT UNTUK
MENINGKATKAN *BANDWIDTH* PADA MIMO 4X4 DI FREKUENSI 15 GHZ**

TUGAS AKHIR

Oleh :

ASMARDI RASYDI
11455105243

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 23 Juni 2021

Ketua Program Studi

Pembimbing

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

Dr. Teddy Purnamirza, ST., M.Eng
NIP. 19741030 200701 1 011

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP MENGGUNAKAN U-SLOT UNTUK
MENINGKATKAN *BANDWIDTH* PADA MIMO 4X4 DI FREKUENSI 15 GHZ

TUGAS AKHIR

Oleh :


ASMARDI RASYDI
11455105243

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 23 Juni 2021


Pekanbaru, 23 Juni 2021

Mengesahkan,

Dekan


Dr. Drs. Ahmad Darmawi., M.Ag
NIP. 19660604 199203 1 004

Ketua Program Studi


Digitally signed
by Ewi
Ismaredah
Tanggal:
2021.07.16
10:58:04 WIB

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

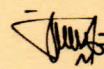
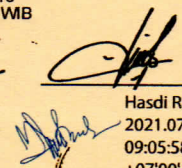
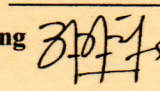
DEWAN PENGUJI :

Ketua : Mulyono, ST., MT

Sekretaris : Dr. Teddy Purnamirza, S.T., M.Eng

Anggota I : Rika Susanti, ST., M.Eng

Anggota II : Hasdi Radiles, ST., MT


Digitally signed
by Mulyono
Tanggal:
2021.07.16
10:17:59 WIB
Hasdi Radiles
2021.07.16
09:05:58
+07'00'

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 23 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,

ASMARDI RASYDI
11455105243

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang

*Barang siapa Yang menghendaki kehidupan dunia, maka wajib baginya berilmu,
dan barang siapa yang menghendaki kehidupan akhirat,
maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki keduanya,
maka wajib baginya berilmu.
(HR. Tirmidzi)*

Terima Kasih Ya Allah ...

*Sembah sujud serta syukurku kepada-Mu ya Allah, zat yang Maha
Pengasih namun tak pernah pilih kasih dan Maha Penyayang yang kasih
sayang-Nya tak terbilang. Engkau zat yang Maha membolak-balikkan hati,
teguhkanlah hati ini di atas agama-Mu ya Allah. Lantunan sholawat beriring
salam penggugah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada
sosok panutan umat, pembangun peradaban manusia yang beradab Nabi Besar
Muhammad SAW.*

*Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu
dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat.
(QS: Al-Mujadilah 11)*

*Ku persembahkan karya ini untuk Ayahanda tercinta, sosok pejuang dalam
hidupku yang tak pernah mengenal kata lelah apalagi mengeluh serta Ibunda
tersayang, malaikat tanpa sayap dalam hidupku yang tak kenal waktu siang
dan malam selalu menjaga dan melindungi hingga aku bisa sampai seperti
sekarang ini, Adik-adik tercinta, seluruh keluarga serta sahabat dan seluruh
keluarga besar teknik elektro UIN SUSKA RIAU yang doanya senantiasa
mengiringi setiap derap langkahku dalam meniti kesuksesan.*

*Dan katakanlah: "Ya Tuhan-ku, masukkan aku ketempat masuk yang benar dan keluarkanlah
(pula) aku ketempat keluar yang benar dan berilah aku disisi-Mu kekuasaan yang dapat
menolongku."
(QS: Al-Isra 80)*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP MENGGUNAKAN U-SLOT UNTUK MENINGKATKAN *BANDWIDTH* PADA MIMO 4X4 DI FREKUENSI 15 GHZ

ASMARDI RASYDI

NIM : 11455105243

Tanggal Sidang : 23 Juni 2021

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada saat ini telah sampai pada generasi ke 5 atau sering disebut 5G, dalam 5G terdapat visi yaitu untuk menyediakan *data rate* yang tinggi hingga mencapai 20 Gbps. Maka dari itu akan dikembangkan antena dari peneliti sebelumnya dengan menambahkan U-slot pada antena untuk meningkatkan *bandwidth* agar memenuhi kebutuhan yang diinginkan. Pada penelitian ini telah dirancang antena mikrostrip *patch* segi enam dengan U-slot pada MIMO 4x4 di frekuensi 15 GHz dan akan menggunakan *software* CST *Microwave Studi Suite* 2010 dalam perancangan dan simulasinya. Dalam perancangannya setelah memperoleh parameter antena melalui perhitungan lalu akan dilakukan penyesuaian yaitu dengan menaikkan, menurunkan atau menambah parameter yang dibutuhkan antena agar mendapatkan hasil yang terbaik. Koefisien refleksi yang diperoleh setelah melakukan simulasi adalah $S_{1,1}$ -18,515923 dB dengan rentang frekuensi 14,244 GHz sampai 17,086 GHz, $S_{2,2}$ -17,3993 dB dengan rentang frekuensi 14,295 GHz sampai 17,184 GHz, $S_{3,3}$ -17,3993 dB dengan rentang frekuensi 14,295 GHz sampai 17,184 GHz dan $S_{4,4}$ -18,515909 dB dengan rentang frekuensi 14,244 GHz sampai 17,086 GHz. Dari hasil tersebut *bandwidth* antena 1 dan antena 4 identik atau sama yaitu 2,842 GHz begitu pula dengan antena 2 dan 3 memiliki *bandwidth* sama yaitu 2,889 GHz. Dengan begitu *bandwidth* yang didapat dari penelitian ini telah mencapai tujuan yang diinginkan yaitu ≥ 2 GHz dengan *gain* ≥ 9 dB pada setiap antena.

Kata Kunci: antena mikrostrip, *bandwidth*, MIMO, U-slot, 5G

UIN SUSKA RIAU



DESIGN OF MICROSTRIP ANTENNA USING U-SLOT TO INCREASE BANDWIDTH ON 4X4 MIMO AT 15 GHZ FREQUENCY

ASMARDI RASYDI

NIM : 11455105243

Session Date : 23 June 2021

*Electrical Engineering Study Program
Faculty of Science and Technology
State Islamic University Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

The development of technology at this time has reached the 5th generation or often called 5G, in 5G there is a vision that is to provide high data rates up to 20 Gbps. Therefore, the antenna will be developed from previous researchers by adding a U-slot on the antenna to increase the bandwidth to meet the desired needs. In this research, microstrip antenna has been designed patch hexagon with a U-slot on a 4x4 MIMO at a frequency of 15 GHz and will use the software CST Microwave Study Suite 2010 in its design and simulation. In the design, after obtaining the antenna parameters through calculations, adjustments will be made, namely by increasing, decreasing or adding the parameters needed for the antenna in order to get the best results. The reflection coefficient obtained after performing the simulation is S1.1 -18.515923 dB with a frequency range of 14.244 GHz to 17.086 GHz, S2.2 -17.3993 dB with a frequency range of 14.295 GHz to 17.184 GHz, S3.3 - 17.3993 dB with a frequency range of 14.295 GHz to 17,184 GHz and S4.4 -18, 515909 dB with a frequency range of 14.244 GHz to 17.086 GHz. From these results, the bandwidth of antenna 1 and antenna 4 is identical or the same, namely 2.842 GHz as well as antennas 2 and 3 have the bandwidth, same namely 2.889 GHz. Thus, the bandwidth obtained from this research has reached the desired goal of 2 GHz with a gain of 9 dB on each antenna.

Keywords: microstrip antenna, bandwidth, MIMO, U-slot, 5G

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah Rabil 'Alamin, segala puji dan syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, rizki, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“Perancangan Antena Mikrostrip Menggunakan U-Slot Untuk Meningkatkan Bandwidth Pada Mimo 4x4 Di Frekuensi 15 Ghz”**.

Teriring *shalawat* serta salam penulis sampaikan kepada nabi besar Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam*, yang telah membawa umatnya dari alam yang gelap gulita akan ilmu pengetahuan ke alam yang terang menerang berilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan saat ini.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata 1 (S1) jurusan Teknik Elektro dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, baik berupa bantuan moril, spiritual, materi, serta pikiran yang tidak akan pernah terlupakan antara lain kepada :

1. Ayah, Ibu, dan Seluruh Keluarga tercinta yang selalu memberikan, do'a, motivasi, dan dukungan secara moril maupun materil demi keberhasilan penulis dalam meraih cita-cita.
2. Bapak Prof. Dr. H. Khairunnas Rajab, M. Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom, M.Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Ahmad Faizal, ST, MT selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi yang telah banyak memberikan penulis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

saran dalam menyusun jadwal dengan pembimbing maupun penguji sehingga Tugas Akhir ini berjalan dengan lancar.

6. Bapak Dr. Teddy Purnamirza, ST, M.Eng selaku dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing serta motivasi dalam menyelesaikan dan menyusun laporan Tugas Akhir.
7. Ibu Rika Susanti, ST, M.Eng selaku dosen Penguji I yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Hasdi Radiles, ST, MT selaku dosen Penguji II yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir.
9. Ibu Susi Afriani, ST, MT selaku dosen Penasehat Akademik yang telah banyak memberi arahan dan saran demi kelancaran perkuliahan dari awal hingga akhir.
10. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis selama mengikuti perkuliahan di jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
11. Teman Tugas Akhir saya sekelas, sebinbingan Angga Cahyono dan Harisman yang selalu menemani saya setiap saat melakukan pengerjaan Tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun penulis harapkan agar laporan ini tersusun sesuai dengan yang diharapkan.

Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan sesuatu yang bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Wassalamu'alaikumWarahmatullahiWabarakatuh

Pekanbaru, 23 Juni 2021

Asmardi Rasydi



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR RUMUS.....	xvii
DAFTAR LAMBANG.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan Penelitian.....	I-2
1.4. Batasan Masalah.....	I-3
1.5. Manfaat Penelitian.....	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terkait	II-1
2.2. Antena	II-2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3.	Antena Mikrostrip	II-3
2.3.1.	Elemen Antena Mikrostrip	II-3
2.3.2.	Kelebihan dan Kekurangan Antena Mikrostrip.....	II-4
2.4.	Antena Array	II-5
2.5.	Sistem <i>Multiple Input Multiple Output</i> (MIMO)	II-5
2.6.	Metode Pencatutan Antena Mikrostrip.....	II-6
2.6.1.	<i>Microstrip Line Feed</i>	II-6
2.6.2.	<i>Coaxial Feed</i>	II-6
2.6.3.	<i>Aperture Coupled</i>	II-7
2.6.4.	<i>Proximity Coupled</i>	II-8
2.7.	Parameter Antena Mikrostrip	II-8
2.7.1.	<i>Return Loss</i> (S_{11}).....	II-8
2.7.2.	<i>Bandwidth</i>	II-9
2.7.3.	Pola Radiasi	II-9
2.7.4.	<i>Gain</i> Antena.....	II-10
2.8.	Antena Mikrostrip <i>Patch Circular</i>	II-10
2.9.	Pencatutan Mikrostrip	II-11
2.10.	<i>Impedance Matching</i>	II-11
2.11.	Metode U-Slot.....	II-12
2.12.	Substrat Antena	II-13
2.13.	Teknologi 5G	II-13
2.14.	Spektrum 5G	II-13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Metode Penelitian.....	III-1
3.2.	Prosedur Penelitian.....	III-1
3.3.	Studi Pustaka	III-2
3.4.	Perangkat dan Aplikasi Perancangan Antena Mikrostrip	III-3
3.5.	Spesifikasi Antena.....	III-3
3.6.	Menghitung Dimensi Antena Mikrostrip	III-4
3.7.	Perancangan Model Antena Mikrostrip	III-6
3.8.	Bentuk Antena Mikrostrip.....	III-8

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1.	Hasil Raancangan Model Antena Mikrostrip	IV-1
4.1.1.	Koefisien Refleksi dan <i>Bandwidth</i> Antena Sesuai Perhitungan	IV-2
4.1.2.	Polaradiasi dan <i>Gain</i> Antena Sesuai Perhitungan	IV-3
4.2.	Hasil Sumulasi Antena Setelah Optimasi	IV-5
4.2.1.	Koefisien Refleksi dan <i>Bandwidth</i> Antena Sebelum Ditambah <i>Gap</i>	IV-5
4.2.2.	Polaradiasi dan <i>Gain</i> Antena Sebelum Ditambah <i>Gap</i>	IV-7
4.2.3.	Koefisien Refleksi dan <i>Bandwidth</i> Antena Sesudah Ditambah <i>Gap</i>	IV-9
4.2.4.	Polaradiasi dan <i>Gain</i> Antena Setelah Ditambah <i>Gap</i>	IV-11
4.3.	Perbandingan Antena Sebelum dan Sesudah Ditambah <i>Gap</i>	IV-13

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan	V-1
5.2.	Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

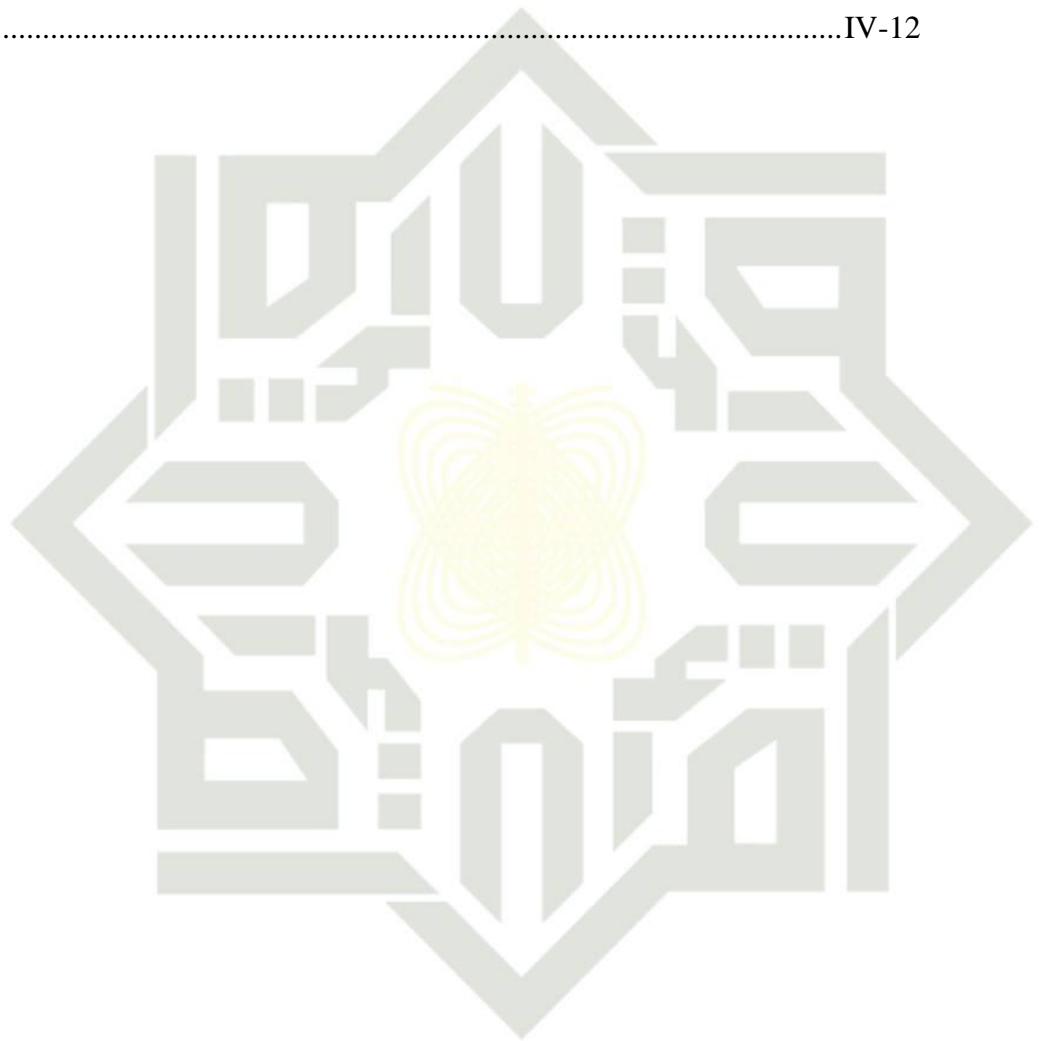
DAFTAR GAMBAR

Halaman

1. Peran Antena Pada Sistem Komunikasi Nirkabel	II-2
2. Struktur Dasar Antena Mikrostrip	II-3
3. Beberapa Bentuk <i>Patch</i> Pada Antena Mikrostrip	II-4
2.4. Contoh Beberapa <i>Array</i> Mikrostrip	II-5
2.5. Sistem MIMO	II-5
2.6. Mikrostrip <i>Line Feed</i>	II-6
2.7. Mikrostrip <i>Coaxial Feed</i>	II-7
2.8. Mikrostrip <i>Aperture Coupled</i>	II-7
2.9. Mikrostrip <i>Proximity Coupled</i>	II-8
3.1. Alur Tahapan Penelitian	III-2
3.2. Antena Tampak Depan	III-8
3.3. Antena Tampak Belakang	III-8
3.4. Antena Tampak Dari Substrat 1	III-8
3.5. <i>Patch</i> Antena	III-9
4.1. Antena Mikrostrip <i>Array Patch</i> Segi Enam Dengan U-Slot Sesuai Perhitungan	IV-1
4.2. Koefisien Refleksi Antena Sesuai Perhitungan: a. $S_{1,1}$, b. $S_{2,2}$, c. $S_{3,3}$, d. $S_{4,4}$	IV-2
4.3. Polaradiasi Dan <i>Gain</i> Antena Sesuai Perhitungan: a. antena 1, b. antena 2, c. antena 3, d. antena 4	IV-4
4.4. Koefisien Refleksi Dan <i>Bandwidth</i> Antena Sebelum Ditambah <i>Gap</i> : a. $S_{1,1}$, b. $S_{2,2}$, c. $S_{3,3}$, d. $S_{4,4}$	IV-6

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
-
5. Periradiasi Dan *Gain* Antena Sebelum Ditambah *Gap*: a. antena 1, b. antena 2, c. antena 3, d. antena 4.....IV-8
 6. Koefisien Refleksi dan *Bandwidth* Antena Setelah Ditambah *Gap*: a. S1,1, b. S2,2, c. S3,3, d. S4,4.....IV-10
 7. Periradiasi dan *Gain* Antena Setelah Optimasi: a. Antena 1, b. Antena 2, c. Antena 3, d. Antena 4IV-12



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan Antena.....	II-1
2. Perbandingan Hasil Simulasi.....	II-2
1. Spesifikasi Antena Mikrostrip Yang Ingin Dicapai	III-3
2. Nilai Parameter Antena Mikrostrip	III-6
3.3. Nilai Parameter Antena Mikrostrip Setelah Optimasi.....	III-7
4.1. Perbandingan <i>Mutual Coupling</i> Antena Sebelum dan Sesudah Ditambah <i>Gap</i>	IV-13

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR RUMUS

1. Rumus *Return Loss*
2. Rumus *Bandwidth*
3. Rumus *Gain* Antena
4. Rumus Jari-Jari *Patch* Antena
5. Rumus Fungsi Logaritmik Elemen Peradiasi
6. Rumus Lebar Pencatuan
7. Rumus Saluran Pencatu
8. Rumus *T-junction*
9. Rumus Panjang Pencatu
10. Rumus Panjang Gelombang Bahan Dielektrik
11. Rumus Panjang Gelombang Di Udara Bebas
12. Rumus Lebar Antena
13. Rumus Panjang Antena
14. Rumus Lebar Slot
15. Rumus Panjang Slot Vertikal
16. Rumus Panjang Slot Horizontal
17. Rumus Permittivitas Efektif
18. Rumus Pertambahan Panjang Akibat *Fringing Effect*

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR LAMBANG

= Konstanta Dielektrik
= Ketebalan Substrat
= Koefisien Refleksi
= <i>Gain</i> Antena
= Jari-Jari <i>Patch</i>
= Fungsi Logaritmik Dari Elemen Peradiasi
= Frekuensi
= Lebar Pencatu
= <i>T-junction</i>
= Panjang Pencatuan
= Kecepatan Cahaya Di Ruang Bebas
= Panjang Gelombang Di Udara Bebas
= Permittivitas Efektif
= Pertambahan Panjang Akibat <i>Fringing Effect</i>
= Panjang Antena
= Lebar Antena

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



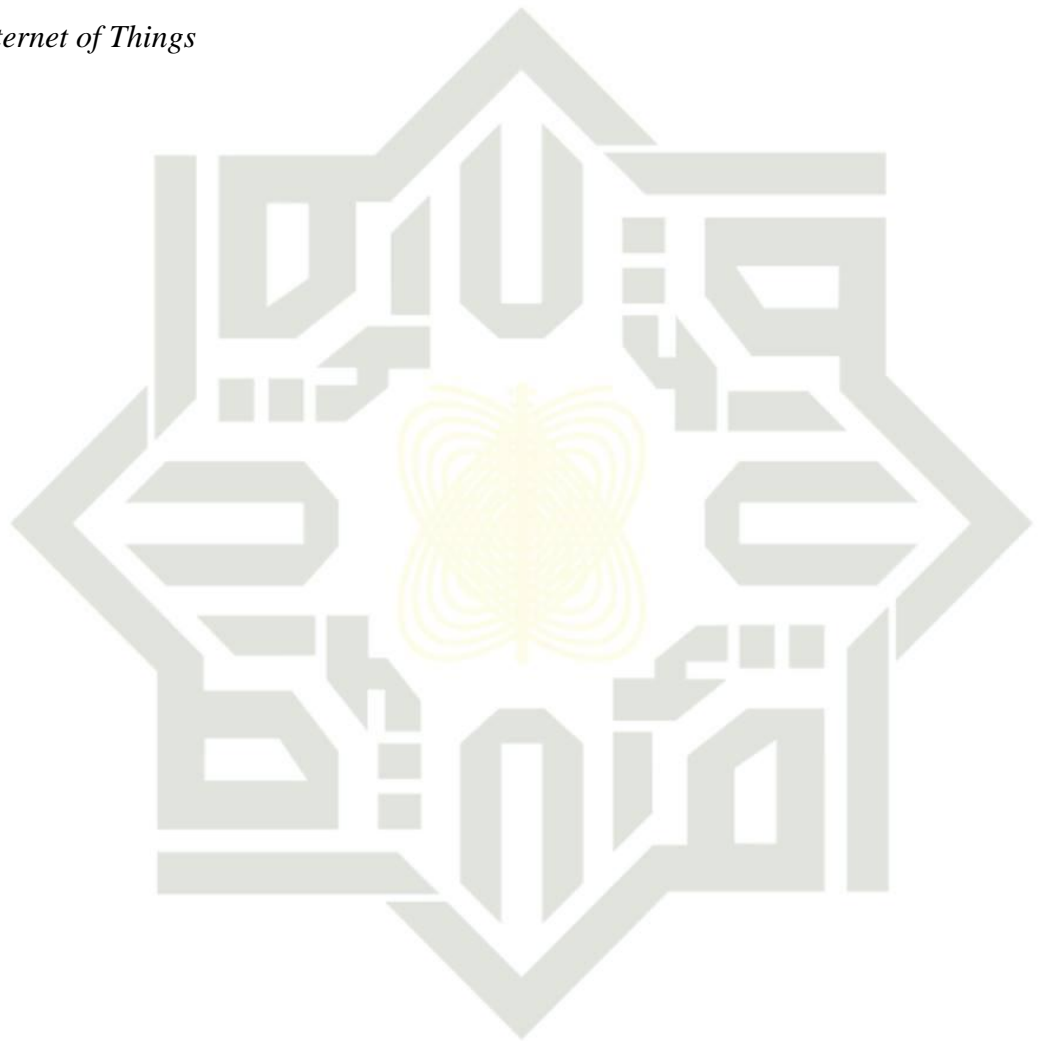
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

MIM
Mbps
CST
IoT

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

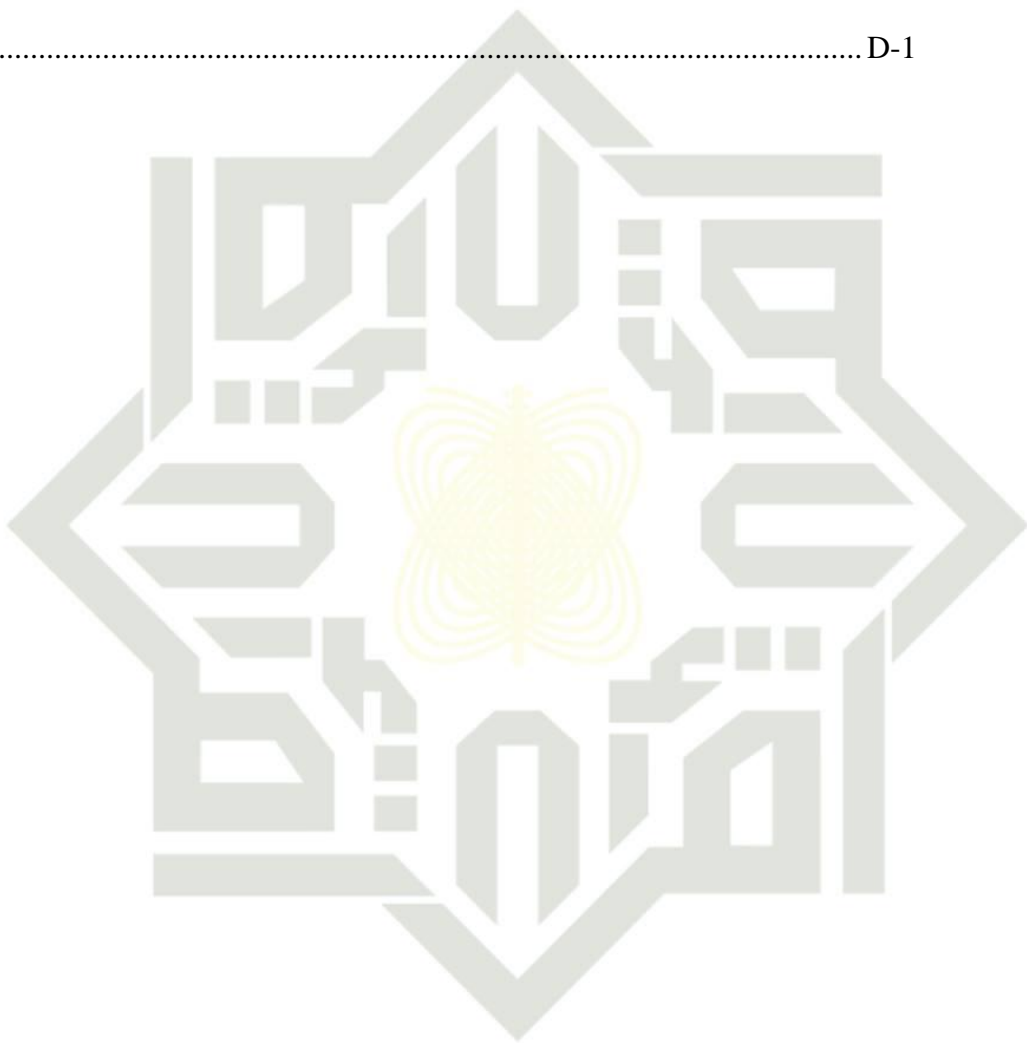
- = *Multiple Input Multiple Output*
- = *Mega bit per second*
- = *Computer Simulation Technology*
- = *Internet of Things*



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	A-1
Lampiran B	B-1
Lampiran C	C-1
Lampiran D	D-1



UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi sampai saat sekarang ini sudah sampai pada teknologi 4G, di mana 4G dapat menyediakan kecepatan *downlink* 300 Mbps dan kecepatan *uplink* 75 Mbps. Saat ini yang sedang dipersiapkan untuk menggantikan teknologi 4G adalah 5G atau *fifth generation* (Generasi Kelima). 5G ini diprediksi akan dapat digunakan pada tahun 2020 [1].

Setelah dilakukan berbagai penelitian dalam menentukan frekuensi untuk 5G, maka salah satu frekuensi utama yang akan digunakan untuk teknologi 5G adalah frekuensi 15 GHz [2]. Keunggulan yang didapat dari frekuensi 15 GHz dibanding kandidat frekuensi yang lainnya adalah redaman atau gangguan yang disebabkan hujan dan redaman udaranya lebih kecil dibanding frekuensi 28 GHz dan 38 GHz [3]. Menurut Kepdirjen 235 Tahun 2018 frekuensi 15 GHz juga termasuk ke dalam salah satu frekuensi yang dapat digunakan untuk uji coba teknologi 5G [12].

Pada sistem komunikasi, salah satu komponen yang sangat penting adalah antenna, di mana antenna lah yang akan menerima dan mengirim sinyal. Dalam pengiriman atau penerimaan sinyal digunakan frekuensi sebagai jalur sinyal ditransmisikan, frekuensi dapat mempengaruhi ukuran dari suatu antenna. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan ukuran antenna akan semakin kecil, dan dalam penelitian ini akan digunakan frekuensi 5G yang membuat ukuran antenna menjadi kecil. Antena mikrostrip memiliki dimensi yang tipis, kecil, dapat beroperasi pada frekuensi tinggi sehingga cocok digunakan pada penelitian ini [4].

Untuk mendapatkan kinerja yang bagus, antenna dapat menggunakan teknologi MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). Pada sistem MIMO menggunakan lebih dari satu atau beberapa antenna baik di sisi pengirim maupun di sisi penerima, sistem MIMO dapat meningkatkan jumlah kanal yang dapat membuat sistem menjadi lebih baik, dimana informasi bisa dikirim dan dapat diterima secara bersamaan oleh beberapa antenna [5].

Telah diteliti sebelumnya mengenai perbandingan performansi antara antenna mikrostrip *patch* persegi panjang, *patch* persegi dan *patch* segi enam, dimana hasilnya



2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
- menunjukkan bahwa performansi antenna mikrostrip menggunakan *patch* segi enam paling baik diantara yang lain [7]. Pada penelitian terkait lainnya telah mendesain antenna mikrostrip *patch* persegi panjang *array* dengan U-slot pada frekuensi 28 GHz, dimana dengan ditambahkannya U-slot pada elemen pemancar dapat meningkatkan *bandwidth* [8].
- Teknologi 5G dituntut untuk dapat menyediakan *data rate* yang tinggi hingga mencapai 20 Gbps, *latency* yang rendah sehingga dapat memberi pelayanan yang baik di pengguna. Untuk memenuhi kebutuhan *data rate* yang tinggi salah satu cara yang dapat dilakukan ialah dengan meningkatkan *bandwidth* [13].
- Menurut penjelasan diatas 5G membutuhkan *data rate* yang tinggi dan *bandwidth* yang besar, dan menurut peneliti [8] dengan ditambahkannya U-slot pada elemen pemancar antenna dapat meningkatkan *bandwidth* suatu antenna. Oleh karena itu penulis tertarik untuk mengembangkan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti [6] untuk meningkatkan *bandwidth* antenna yaitu dengan menambahkan U-slot pada bagian elemen pemancarnya, karna untuk mencapai *data rate* 20 Gbps *bandwidth* pada peneliti [6] masih belum mencukupi. Maka judul yang diangkat pada tugas akhir ini adalah “Perancangan Antena Mikrostrip Menggunakan U-Slot untuk Meningkatkan *Bandwidth* Pada MIMO 4x4 di Frekuensi 15 Ghz”.
- ### 1.2. Rumusan Masalah
- Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana merancang antenna mikrostrip *array* berbentuk *patch* segi enam dengan U-slot untuk aplikasi MIMO 4x4 pada frekuensi 15 GHz.
- ### 1.3. Tujuan Penelitian
- Tujuan pada penelitian ini adalah mendapatkan hasil rancangan antenna mikrostrip *array* berbentuk *patch* segi enam dengan U-slot untuk aplikasi MIMO 4x4 pada frekuensi 15 GHz.
- ### 1.4. Batasan Masalah
- Akan ditentukan batasan masalah agar pembahasan tidak terlalu meluas dan jadi terarah adapun batasan masalahnya adalah:
1. Simulasi antenna menggunakan *software* CST 2010.
 2. Hasil pengukuran yang akan dianalisa adalah $S_{1,1}$ (*koefisien refleksi*), *bandwidth*, polaradiasi dan *gain*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

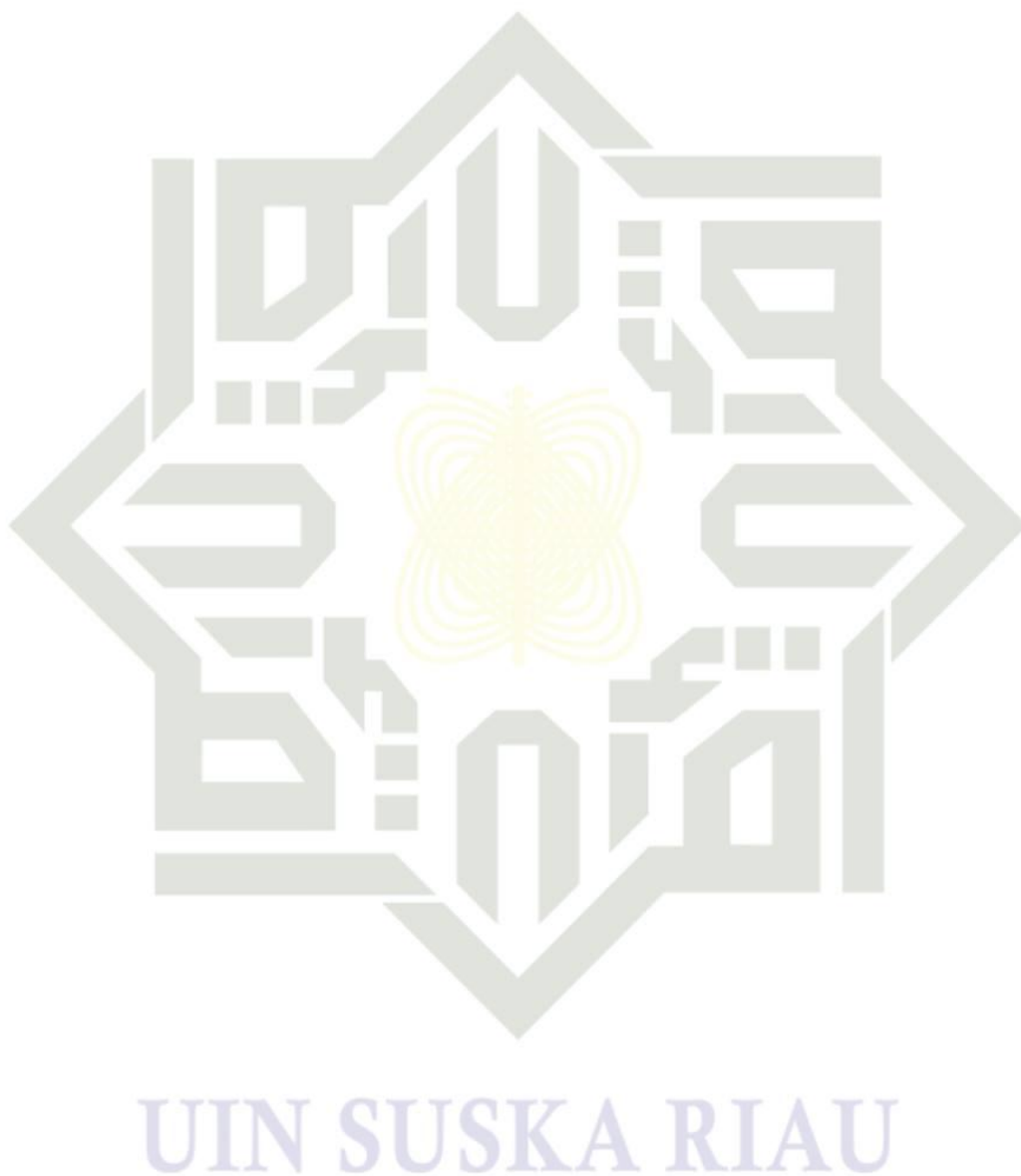
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Penelitian ini terbatas sampai tahap analisa hasil simulasi antena.

Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan beberapa manfaatnya yaitu:

1. Kontribusi dalam pengembangan ilmu pada antena mikrostrip.
2. Menghasilkan antena dengan *bandwidth* lebih baik dengan ukuran yang sama dengan antena sebelumnya.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Berdasarkan judul dari penelitian tentang merancang antenna mikrostrip *array* berbentuk *patch* segi enam dengan U-slot untuk aplikasi MIMO 4x4 pada frekuensi 15 GHz ada beberapa dari penelitian sebelumnya yang dijadikan rujukan diantaranya adalah sebagai berikut:

Peneliti [7] telah melakukan penelitian untuk membandingkan performansi antenna mikrostrip *patch* persegi panjang, antenna mikrostrip *patch* persegi, dan antenna mikrostrip *patch* segi enam. Pada penelitian ini parameter yang digunakan ialah [7] :

Tabel 2.1. Perbandingan Antena [7]

Parameter	Persegi Panjang	Persegi	Segi Enam
Frekuensi	3,5 GHz	3,5 GHz	3,5 GHz
Substrat	Rogers RT/duroid 5880	Rogers RT/duroid 5880	Rogers RT/duroid 5880
Impedansi	50 Ω	50 Ω	50 Ω
Pencatuan	<i>Microstrip Line Feed</i>	<i>Microstrip Line Feed</i>	<i>Microstrip Line Feed</i>
<i>Return Loss</i>	-7,8 dB	-11,2 dB	-18 dB
<i>Gain</i>	2,7736 dB	2,60674 dB	2,9877 dB

Dari perbandingan tabel diatas dapat dilihat antenna mikrostrip dengan *patch* segi enam memiliki *return loss* dan *gain* yang lebih baik dibanding dengan antenna mikrostrip *patch* persegi panjang dan antenna mikrostrip *patch* persegi [7].

Penelitian terkait lainnya telah melakukan perancangan dan realisasi antenna mikrostrip *array* MIMO dengan *patch* segi enam untuk aplikasi 5G yang bekerja pada pada frekuensi 15 GHz. Hasil yang ditunjukkan dari simulasi memiliki nilai *return loss* terbaik pada -34,19 dB dengan *bandwidth* masing-masing antenna 1,2 GHz dan nilai *gain* tertinggi

Peneliti selanjutnya telah melakukan penelitian untuk mendesain antena mikrostrip *array patch* persegi (*rectangular*) dengan U-slot pada frekuensi 5G 28 GHz. Berikut adalah hasil yang ditunjukkan [8]:

Parameeter	Tanpa Slot	Dengan U-Slot
<i>Gain</i>	7,08 dB	7,52 dB
<i>Bandwidth</i>	1,39 GHz	1,62 GHz
<i>Return Loss</i>	-23,57 dB	-29,38 dB

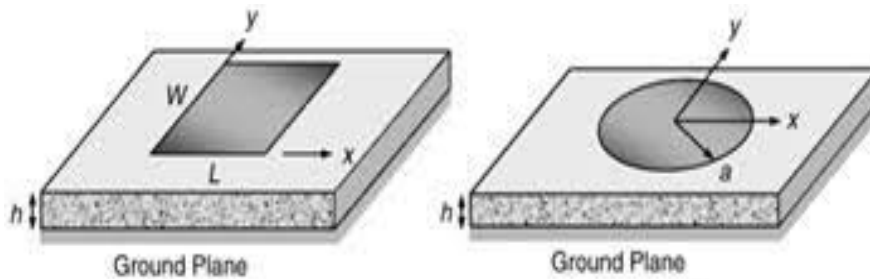
2.1. Antena

Antena adalah sebuah alat yang dapat memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik. Antena sebagai pengirim adalah alat yang digunakan untuk mengubah listrik menjadi gelombang elektromagnetik agar dapat dipancarkan di udara. Dan antena sebagai penerima adalah kebalikan dari antena pengirim yaitu mengubah gelombang elektromagnetik menjadi sinyal listrik [9].



2.2. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip sudah banyak digunakan mulai dari tahun 1970-an. Antena mikrostrip terdiri dari lapisan *patch*, substrat dan *groundplane*. Antena mikrostrip yang paling sering di pakai ialah antena mikrostrip dengan *patch* persegi panjang dan *patch* lingkaran, karena lebih mudah untuk diparikasi dan dianalisa [4].



Gambar 2.2. Struktur Dasar Antena Mikrostrip [4]

2.3.1. Elemen Antena Mikrostrip

Bagian-bagian Elemen Mikrostrip adalah sebagai berikut [4] :

1. Elemen Peradiasi (*Patch*)

Patch atau elemen peradiasi terbuat dari bahan konduktor dan letaknya berada paling atas antena atau diatas substrat suatu antena. Fungsi dari *patch* adalah memancarkan gelombang elektromagnetik dengan saluran pencatu yang terletak diatas substrat. Jenis logam yang biasa digunakan dalam pembuatan antena mikrostrip adalah logam jenis tembaga (*copper*).

Pada antena mikrostrip, *patch* memiliki berbagai macam bentuk yaitu [4]:

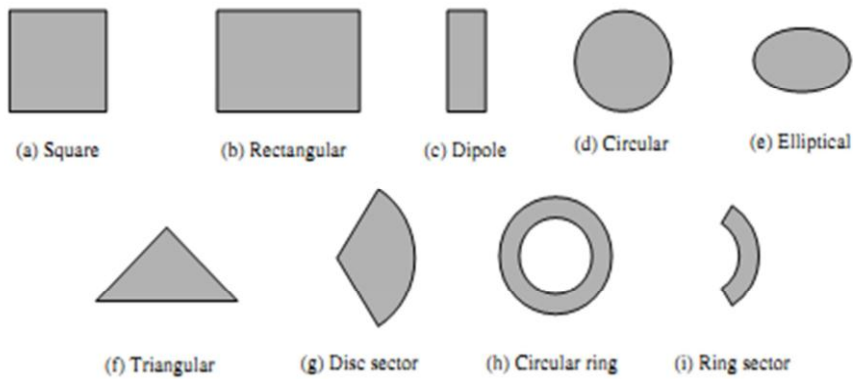
1. *Patch* elips (*elliptical*).
2. *Patch* segitiga (*triangular*).
3. *Patch* cincin (*circular ring*).
4. *Patch* persegi (*square*).
5. *Patch* lingkaran (*circular*).

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Patch persegi panjang (*rectangular*).



Gambar 2.3. Beberapa Bentuk *Patch* Pada Antena Mikrostrip [4]

2. Elemen Substrat

Substrat merupakan dielektrik yang membatasi elemen pemancar dengan elemen pentanahan. Substrat memiliki berbagai macam variasi yang dibagi berdasarkan nilai konstan dielektrik (ϵ_r) dan ketebalannya (h). Nilai-nilai tersebut sangat mempengaruhi nilai frekuensi dan *bandwidth* pada suatu antena. Jika substrat semakin tebal maka nilai *bandwidth* akan semakin besar, namun dapat menimbulkan gelombang pada permukaan yang dapat mengurangi daya yang seharusnya di pancarkan.

3. Elemen Pentanahan (*Groundplane*)

Elemen pentanahan biasa terbuat dari bahan konduktor, yang berfungsi sebagai *reflector* dari gelombang elektromagnetik. Bentuk konduktor bisa bermacam-macam tetapi yang pada umumnya digunakan adalah berbentuk persegi empat dan lingkaran karena bisa lebih mudah dianalisis.

2.3.2. Kelebihan dan Kekurangan Antena Mikrostrip

Kelebihan yang ada pada antena mikrostrip adalah [10]:

1. Ringan dan memiliki bentuk yang kecil.
2. Mudah untuk dipabrikasi.
3. Biaya pabrikan rendah.
4. Mendukung polarisasi *linear* dan sirkular.
5. Mampu beroperasi pada dua atau tiga frekuensi kerja.

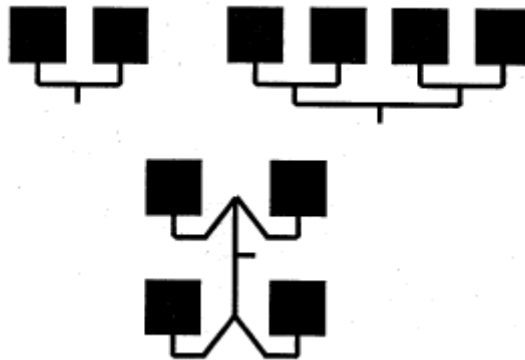
Antena mikrostrip juga memiliki kekurangan yaitu sebagai berikut [10]:

1. Memiliki *Bandwidth* yang sempit.
2. Efisiensi rendah.

3. *Gain* rendah.

3. Antena Array

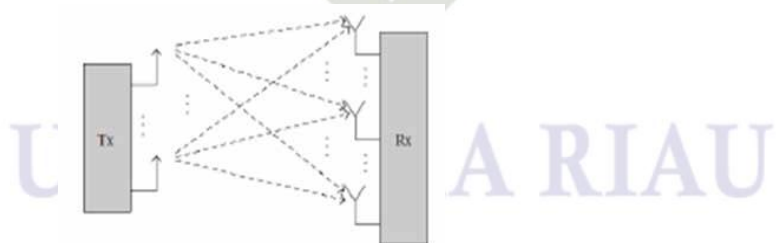
Antena mikrostrip yang memiliki satu *patch* umumnya akan menghasilkan antena dengan *gain* yang kurang bagus atau rendah, lalu *directivity* nya pun akan rendah. Untuk memenuhi kebutuhan komunikasi jarak jauh dibutuhkan *directivity* yang tinggi. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan *directivity* adalah dengan menjadikan antena menjadi *array*. Pada antena yang tersusun *array*, elemen-elemennya merupakan elemen yang identik. Dengan menggunakan susunan *array* kita akan mendapatkan *gain* maksimum pada suatu antena [10].



Gambar 2.4. Contoh Beberapa Array Mikrostrip [9]

2.4. Sistem MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)

Teknologi MIMO mampu meningkatkan secara drastis kapasitas kanal, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.5. Sistem MIMO [5]

Sistem MIMO merupakan sistem yang dapat meningkatkan jumlah kanal dengan menggunakan beberapa antena di sisi penerima dan pengirim. Pada lingkungan *multipath*

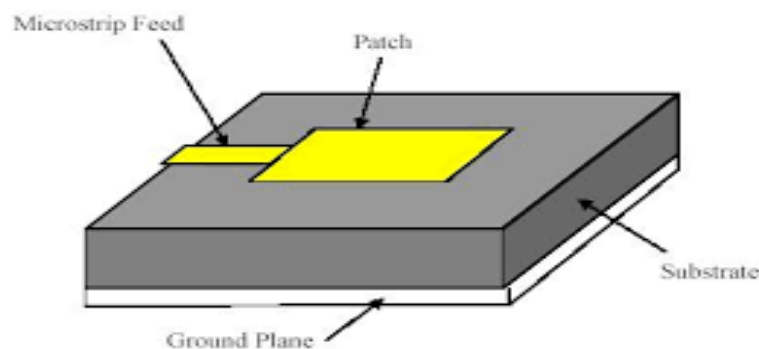
dengan *fading* yang ada pada tiap pasang antenna pengirim dan penerima, jumlah kapasitas kanal yang ada pada sistem MIMO menjadi meningkat sehingga kinerja sistem MIMO menjadi lebih baik dibanding dengan sistem konvensional SISO (*Single Input Single Output*) dimana informasi bisa dikirim dan dapat diterima secara bersamaan oleh beberapa antenna [5].

2.5. Metode Pencatutan Antena Mikrostrip

Patch antenna mikrostrip dapat diberikan saluran pencatu dengan berbagai metode. Metode ini dibagi menjadi dua jenis metode yaitu metode kontak langsung dan metode tidak kontak langsung. Pada metode kontak langsung sinyal elektromagnetik dialirkan langsung ke peradiasinya melalui pencatuannya. Dan dalam metode tidak kontak langsung pengaliran sinyal elektromagnetik nya dilakukan tidak langsung ke *patch* tetapi melalui substrat tambahan. Teknik pencatutan yang paling sering digunakan ialah *Microstrip Line-feed*, *Coaxial Feed*, *Aperture Coupled*, *Proximity Coupled* [10].

2.6.1. Microstrip Line Feed

Tekni pencatutan *line feed* ini merupakan teknik pencatutan yang paling mudah untuk dirancang maupun di pabrikan. Karena pencatu *line feed* dan *patch* nya berada di substrat yang sama seperti yang terlihat di gambar 2.6 [10].



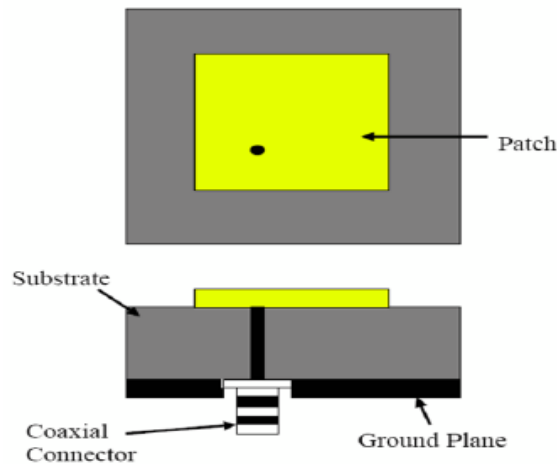
Gambar 2.6. Mikrostrip Line Feed [10]

2.6.2. Coaxial Feed

Tekni pencatutan *coaxial* atau *probe* ini dilakukan dengan menyatukan secara langsung dari kabel *coaxial* nya ke *patch*, yaitu dengan cara mengebor bagian *groundplane* dan substrat nya. Namun harus dilakukan dengan hati-hati karena besar lubang yang dibuat akan mempengaruhi kinerja antenna. Keuntungan dari teknik pencatutan ini adalah letak pencatutan *coaxial feed* nya bisa diletakkan dimanapun [10].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

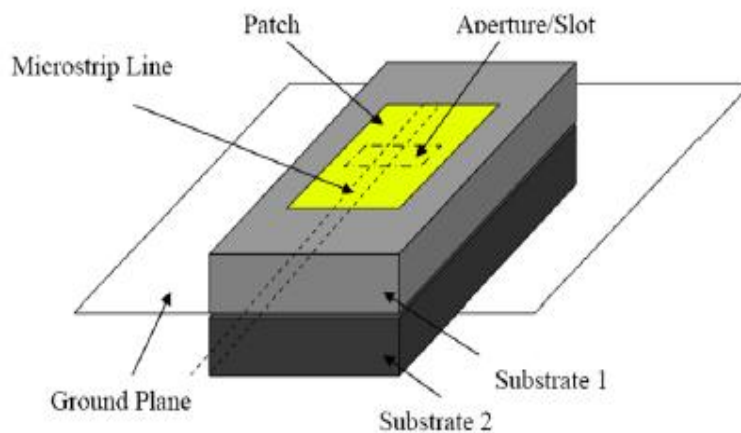
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.7. Mikrostrip *Coaxial Feed* [10]

2.6.3. Aperture Coupled

Pada teknik pencatutan ini, seperti yang terlihat pada gambar 2.8 *groundplane* nya terletak di antara substrat 1 dan substrat 2 dan terdapat celah di *groundplane* tersebut sebagai jalan untuk mengalirkan sinyal ke *patch* untuk di pancarkan [10].

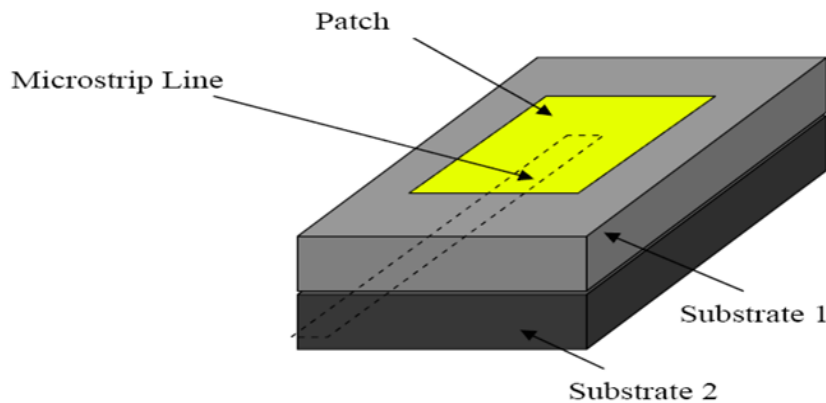


Gambar 2.8. Mikrostrip *Aperture Coupled* [10]

Secara umum, bahan dielektrik yang tinggi digunakan untuk substrat dasar dan lebih tebal, untuk material yang memiliki dielektrik yang rendah digunakan untuk substrat atas agar mengoptimalkan radiasi dari *patch*. Kerugian utama dari teknik saluran ini adalah sulit untuk dipabrikasi karena terdiri dari *multilayer*, yang juga dapat meningkatkan ketebalan antena. Skema saluran ini juga menyediakan *bandwidth* yang sempit [10].

2.6.4. Proximity Coupled

Jenis teknik saluran ini juga disebut sebagai skema kopling elektromagnetik. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.9, digunakan dua substrat dielektrik dan garis saluran diantara kedua substrat tersebut dan radiasi *patch* berada pada bagian atas pada substrat teratas. Keuntungan utama dari teknik ini adalah antenna menghasilkan *bandwidth* yang tinggi, karena tebalnya substrat yang digunakan [10].



Gambar 2.9. Mikrostrip *Proximity Coupled* [10]

2.7. Parameter Antena Mikrostrip

Parameter antena merupakan suatu pengukur untuk melihat bagus atau tidaknya suatu antena. Antara lain parameter untuk mengukur kinerja antena adalah sebagai berikut [4]:

2.7.1. Return Loss ($S_{1,1}$)

Return Loss atau sering juga disebut dengan $S_{1,1}$ merupakan parameter yang menunjukkan seberapa banyak daya yang dapat diserap atau samapai ke beban dan seberapa banyak yang dikembalikan sebagai gelombang pantul. Suatu antena dapat dikatakan baik apabila memiliki nilai $S_{1,1}$ (*return loss*) di bawah -10 dB yang mana artinya adalah 90% daya yang dikirim akan diserap dan yang 10% nya lagi dipantulkan kembali. Maksud dari $S_{1,1}$ pada antena MIMO adalah nilai daya yang terkirim pada antena 1, $S_{2,2}$ adalah nilai daya yang terkirim pada antena 2 dan seterusnya.

Return loss dapat terjadi karena adanya kesalahan *matching* antara saluran transmisi dengan impedansi masukan antena. *Return loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log 10|\Gamma| \quad (2.1)$$

Γ = koefisien refleksi

7.2. Bandwidth

Bandwidth adalah lebar pita frekuensi atau di mana antenna dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi tersebut. Untuk melihat seberapa besar *bandwidth* suatu antenna dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$BW = f_{\max} - f_{\min} \quad (2.2)$$

keterangan :

BW : *Bandwidth*

f_{\min} : frekuensi terendah

f_{\max} : frekuensi tertinggi

2.7.3. Pola Radiasi

Pola radiasi antenna merupakan diagram radiasi yang menunjukkan distribusi daya yang dipancarkan oleh suatu antenna. Pola radiasi terbagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Pola radiasi *directional* (terarah) adalah antenna yang dapat memancarkan dan menerima daya gelombang elektromagnetik hanya pada arah tertentu saja (satu arah).
2. Pola radiasi *omnidirectional* (tidak terarah) adalah antenna yang dapat memancarkan dan dapat menerima daya gelombang elektromagnetik dari semua arah.

Pada pola radiasi dikenal juga istilah *lobe* atau kuncup dan terbagi menjadi beberapa macam yaitu:

1. *Main Lobe* atau kuncup utama merupakan bagian pola radiasi yang memiliki nilai maksimum.
2. *Minor Lobe* atau kuncup kecil merupakan bagian pola radiasi yang ada pada samping dan belakang *main lobe*.
3. *Side Lobe* atau kuncup samping merupakan bagian pola radiasi yang terletak pada samping *main lobe* dan merupakan bagian *minor lobe* yang terbesar.
4. *Back lobe* atau kuncup belakang merupakan bagian pola radiasi yang posisinya berlawanan arah dengan *minor lobe*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7.4. Gain Antena

Gain pada antena merupakan perbandingan dari antara daya keluar dengan daya masuk yang dialirkan ke antena, *gain* memiliki satuan *decibel* (dB). Untuk mencari nilai *gain* pada suatu antena adalah sebagai berikut :

$$G_t = P_t - P_s + G_s \text{ (dB)} \quad (2.3)$$

keterangan :

G_t = *Gain* antena

G_s = *Gain* standar antena

P_t = Daya yang dikirim antena

P_s = Daya yang diterima antena

2.8. Antena Mikrostrip Patch Circular

Antena mikrostrip dengan patch lingkaran ini memiliki performa yang sama dengan antena mikrostrip segiempat. Dengan teknik pengaplikasian yang digunakan misalnya teknik *array*, *patch circular* akan menghasilkan keuntungan dibandingkan dengan *patch* lainnya. Selain itu, antena ini lebih mudah untuk dimodifikasi agar menghasilkan jarak nilai impedansi, pola radiasi dan frekuensi kerja [4].

Patch berbentuk lingkaran merupakan bentuk yang paling umum digunakan dan mudah untuk dianalisa. Berikut adalah beberapa perhitungan yang digunakan untuk merancang antena mikrostrip berbentuk lingkaran :

1. Perencanaan Dimensi Antena.

Dalam penelitian ini bentuk *patch* antena mikrostrip yang akan dibangun adalah lingkaran, yang mana radius ditentukan oleh persamaan:

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \cdot \epsilon_r \cdot F} \ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right\}} \quad (2.4)$$

Keterangan :

a = dimensi radius *circular* (jari-jari)

h = ketebalan substrat

F = fungsi logaritmik elemen peradiasi

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

Sedangkan fungsi logaritmik dari elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan :

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.5)$$

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

f_r = frekuensi resonansi

2.9. Pencatutan Mikrostrip

Pencatutan pada suatu antenna akan mempengaruhi kinerja antenna tersebut. Untuk mencari nilai saluran pencatut (Wf) dapat digunakan persamaan :

$$Wf = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.6)$$

h adalah tinggi substrat dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.7)$$

Selanjutnya akan dihitung *T-junction* yang digunakan untuk pembagi daya antara dua elemen.

$$s = \frac{\lambda}{2} \quad (2.8)$$

2.10. Impedance Matching

Matching Impedance merupakan cara atau teknik yang dipakai untuk menyesuaikan dua impedansi yang tidak sama, yaitu impedansi karakteristik saluran (Z_0) dan impedansi beban (Z_L). Transformator $\lambda/4$ adalah suatu teknik *matching impedance* dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi Z_T di antara dua saluran transmisi yang tidak *match*. Panjang saluran transformator $\lambda/4$ ini adalah [6]:

$$Lf = \frac{\lambda g}{4} \quad (2.9)$$

Lf = Panjang pencatutan

Dengan λg merupakan panjang gelombang pada bahan dielektrik yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\lambda g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

Dengan λ_0 = panjang gelombang di udara bebas

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (2.11)$$

c = kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8 m/s)

Untuk mencari lebar antenna (W_g) dan panjang antenna (L_g) dapat digunakan persamaan:

$$L_g = 6(h) + 2a \quad (2.12)$$

$$W_g = 6(h) + \frac{\pi}{2}a \quad (2.13)$$

1.11. Metode U-Slot

Salah satu kekurangan antenna mikrostrip adalah kecil nya *bandwidth* yang dihasilkan. Untuk memperbesar atau melebarkan *bandwidth* pada antenna mikrostrip dapat ditambahkan slot pada elemen peradiasi antenna, seperti bentuk U, H, T, E dan V. Antenna mikrostrip yang telah ditambahkan slot menyebabkan kopling induktif dihantarkan dari catuan menuju ke slot. Kopling induktif yang semakin besar dapat menyebabkan faktor kualitas antenna menjadi berkurang. Penurunan faktor kualitas berdampak pada *bandwidth* antenna menjadi lebih lebar [8].

Perhitungan ukuran-ukuran dari U-Slot, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$f = \frac{\lambda}{60} \quad (2.14)$$

$$\frac{e}{W} \geq 0,3 \quad (2.15)$$

$$d = \frac{c}{f \cdot \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2(L + 2\Delta L - F) \quad (2.16)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2.17)$$

$$\Delta L = 0,412h \left(\frac{\epsilon_{eff} + 3}{\epsilon_{eff} - 0,258} \right) \left(\frac{\frac{W}{h} + 0,264}{\frac{W}{h} - 0,8} \right) \quad (2.18)$$

λ (lambda) adalah panjang gelombang frekuensi, W adalah lebar dari *patch*, L adalah panjang dari *patch*, f adalah lebar dari slot, e adalah panjang slot (vertikal), dan d adalah panjang slot (horizontal), c adalah kecepatan cahaya pada ruang hampa (3×10^8 m/s), ϵ_r adalah permitivitas relatif suatu bahan, ϵ_{eff} merupakan permitivitas efektif konstan dan h merupakan ketebalan dari bahan substrat. ΔL adalah pertambahan panjang L yang terjadi karena oleh fringing effect, karena disini memakai *patch* segi enam maka nilai W diganti menjadi nilai a .

2.12. Substrat Antena

Salah satu elemen antena mikrostrip yang menentukan dalam mendapatkan karakteristik antena yang diinginkan adalah substrat. Suatu substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r), dielektrik *loss tangent* ($\tan \delta$), dan ketebalan (h) tertentu. Ketiga hal tersebutlah yang mempengaruhi karakteristik antena seperti frekuensi kerja, *bandwidth*, dan juga efisiensi antena mikrostrip. Nilai dari konstanta dielektrik akan mempengaruhi ukuran elemen peradiasi dan juga saluran mikrostrip, nilai dari konstanta dielektrik berbanding terbalik dari ukuran elemen peradiasi dan saluran pencatutan mikrostrip. Substrat memiliki ketebalan yang lebih dari ketebalan elemen peradiasi. Ukuran ketebalan substrat akan mempengaruhi lebarnya nilai *bandwidth* yang didapat, nilai dari substrat sebanding dengan *bandwidth*, akan tetapi semakin besar substrat juga akan berpengaruh pada timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). Sebaliknya, semakin kecil ketebalan substrat maka dapat mencegah timbulnya gelombang permukaan [4].

2.13. Teknologi 5G

Perkembangan teknologi sangat cepat berkembangnya, mulai dari generasi 1G hingga 4G. Sistem 4G kini dapat mengirim data dengan kecepatan lebih dari 100 Mbps. Pada masa yang akan datang dibutuhkan kecepatan data yang lebih tinggi, oleh karena itu hadirilah teknologi 5G untuk memenuhi kebutuhan kecepatan data dan kapasitas jaringan tersebut. 5G akan menghadirkan peningkatan *data rate* dengan cakupan yang lebih baik dengan konsumsi daya yang rendah. Untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar 5G akan menggunakan frekuensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sistem 4G [12].

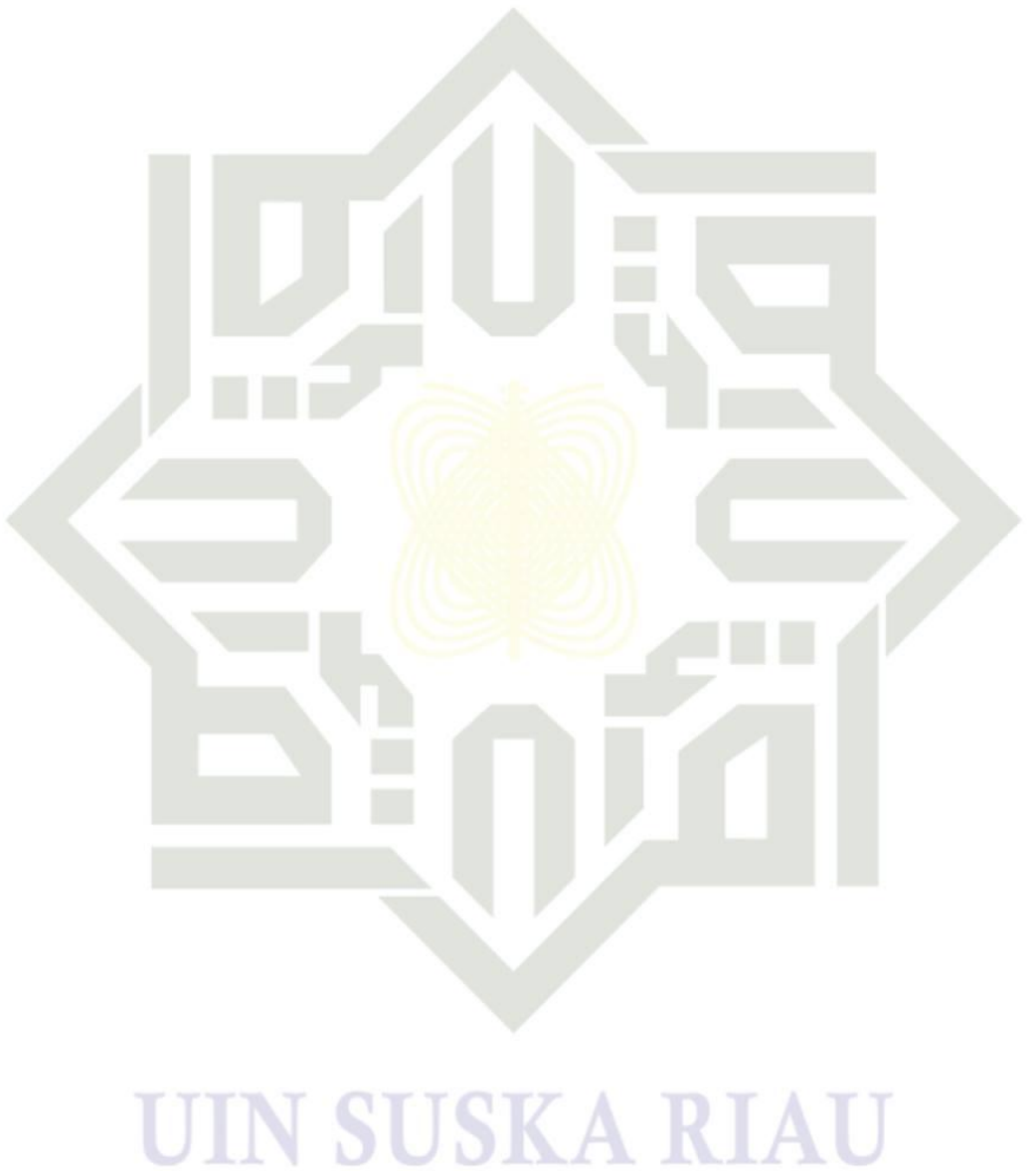
2.14. Spektrum 5G

Spektrum frekuensi merupakan hal penting bagi industri komunikasi dan media serta layanan yang bergantung pada komunikasi. Laju inovasi yang semakin cepat pada sektor telekomunikasi diharapkan dapat memberi nilai tambah kepada masyarakat dan pertumbuhan ekonomi. 5G diprediksikan akan menjadi katalis dalam revolusi industri ke empat dimana kemajuan terhadap *Internet of Things* (IoT) akan semakin signifikan seperti otomatisasi proses industri, pertanian dan medis, komunikasi antar mesin, *smart city*, dan lainnya [12].

Inovasi seperti ini, dipastikan akan membutuhkan spektrum untuk mendukung layanan tersebut, baik itu mengefisienkan penggunaan yang ada maupun membuka rentang frekuensi baru yang masih dapat dijangkau oleh industri. Konsep spektrum *outlook* adalah

Hak Cipta Ditinjau dari Undang-Undang

- melihat secara luas penggunaan spektrum untuk tujuan tertentu, dalam hal ini teknologi 5G dengan tujuan memberi gambaran penggunaan eksisting baik dalam negeri maupun secara global sehingga informasi tersebut dapat memberi masukan langkah penetapan frekuensi untuk teknologi tersebut [12].
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB III

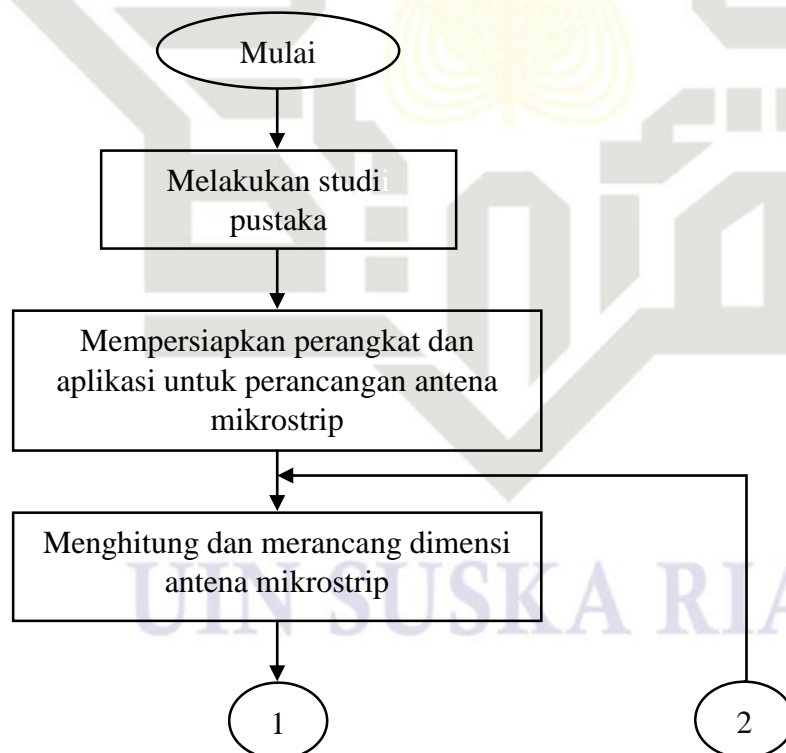
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode penelitian yang digunakan termasuk ke dalam penelitian kuantitatif dan kualitatif, karena akan dilakukan perancangan antenna dan analisa. Data analisa berdasarkan dengan dasar teori dan penelitian terkait. Dimulai dengan melakukan perhitungan untuk menentukan parameter antenna mikrostrip lalu dilanjutkan dengan perancangan antenna mikrostrip dan setelah itu simulasi antenna mikrostrip. Lalu akan ditutup dengan analisa dari hasil yang didapat dari simulasi antenna.

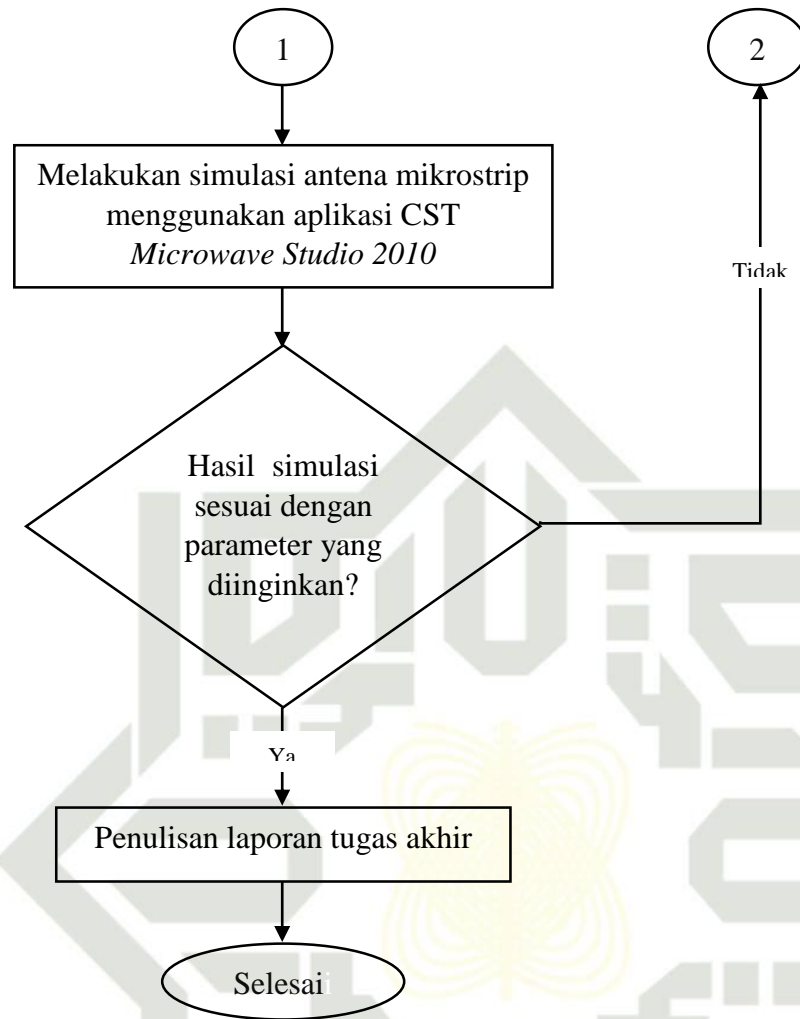
3.2. Proserdur Penelitian

Prosedur yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian perancangan antenna mikrostrip menggunakan U-slot untuk meningkatkan *bandwidth* pada MIMO 4x4 di frekuensi 15 GHz adalah sebagai berikut :



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1. Alur Tahapan Penelitian

3.3. Studi Pustaka

Studi pustaka yang dilakukan pada penelitian ini adalah suatu aktivitas yang mempunyai tujuan untuk mencari informasi berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan oleh penulis, informasi yang diperoleh dengan mengumpulkan dan mempelajari dari sumber-sumber referensi yang terkait, artikel, wawancara atau tanya jawab dengan pembimbing dan beberapa sumber dari internet yang berkaitan dengan penelitian terkait, lalu informasi yang didapat akan bisa membantu peneliti dalam penyelesaian permasalahan yang ada pada penelitian ini dan informasi tadi juga bisa menjadi jawaban dari pertanyaan yang muncul dari penelitian ini. Studi pustaka ini dilakukan agar dapat mempermudah dalam proses pengerjaan penelitian untuk merumuskan masalah, menentukan tujuan, menentukan manfaat, menentukan batasan masalah, dasar teori, dan menentukan metode yang akan dipakai dalam penelitian ini.

3.4. Perangkat dan Aplikasi Perancangan Antena Mikrostrip

Perangkat dan aplikasi yang akan digunakan untuk perancangan antena mikrostrip menggunakan U-slot untuk meningkatkan *bandwidth* pada MIMO 4x4 di frekuensi 15 GHz adalah:

1. *Hardware* yang dipakai untuk memproses perancangan dan mensimulasikan rancangan antena mikrostrip, yaitu:
 - Laptop intel *core* i3 Acer Aspire V3-471
 - RAM 2 GB
 - *Harddisk* 750 GB
2. *Aplikasi* dan perangkat lunak yang digunakan untuk memproses perancangan dan mensimulasikan rancangan antena mikrostrip, yaitu:
 - *Operating System Windows* 7 64 bit, digunakan sebagai sistem operasi pada laptop
 - CST (*Computer Simulation Technology*), digunakan untuk perancangan, simulasi dan penampil hasil antena mikrostrip.

3.5. Spesifikasi Antena

Dalam penelitian ini menentukan spesifikasi antena merupakan bagian dari tujuan perancangan ini. Adapun hasil perancangan antena mikrostrip yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

Tabel 3.1. Parameter Performansi Antena Mikrostrip Yang Ingin Dicapai [6]

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Tengah	15 GHz
<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
<i>Bandwidth</i>	≥ 2 GHz
Polaradiasi	<i>Undirectional</i>
<i>Gain</i>	≥ 9 dB

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan untuk substratnya adalah Rogers RT/Duroid 5880. Rogers RT/duroid 5880 memiliki nilai permitivitas bahan (ϵ_r) 2,2 dengan ketebalan (h) sebesar 1,575 mm. Duroid 5880 dipilih sebagai bahan substrat karena Duroid 5880 bisa digunakan untuk menghasilkan tebal antena menjadi lebih besar serta bisa juga

digunakan pada frekuensi tinggi. Dan bahan yang digunakan untuk elemen peradiasi dan elemen *groundplane* adalah *cooper* dengan tebal 0,035 mm [6].

3.6. Menghitung Dimensi Antena Mikrostrip

Tahap awal yang dilakukan sebelum merancang antena mikrostrip menggunakan *software* CST 2010 ialah dengan melakukan perhitungan dimensi dari antena mikrostrip. Pada perancangannya, besar kecil suatu parameter akan mempengaruhi karakteristik antena, begitu pula dengan frekuensi yang akan mempengaruhi dimensi suatu antena. Apabila nilai frekuensi semakin besar maka dimensi antena akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Frekuensi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah 15 GHz. Adapun hasil perhitungan dimensi antena mikrostrip sebagai berikut :

1. Menghitung jari-jari *patch* (a) dengan menggunakan persamaan 2.4 dan 2.5 didapatkan:

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{15 \times 10^9 \sqrt{2,2}}$$

$$F = \frac{8,791}{22,248} = 0,395$$

$$a = \frac{0,395}{\left\{ 1 + \frac{2 \times 1,575}{3,14 \times 2,2 \times 0,395} \left[\ln \left(\frac{3,14 \times 0,395}{2 \times 1,575} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 0,30 \text{ cm}$$

$$= 3 \text{ mm}$$

Jadi jari-jari *patch* antena yang digunakan adalah 3 mm.

2. Menghitung lebar saluran transmisi (pencatu) dan *T-junction* menggunakan persamaan 2.6, 2.7 dan 2.8 maka didapatkan:

$$Z_0(\text{impedansi masukan}(Z_{in})) = 50\Omega \text{ dan } 100\Omega$$

$$B_{50} = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \times 3,14^2}{50\sqrt{2,2}} = 7,98$$

$$Wf_{50} = \frac{2h}{\pi} \left\{ B_{50} - 1 - \ln(2B_{50} - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B_{50} - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$Wf_{50} = \frac{2 \times 1,575}{3,14} \left\{ 7,98 - 1 - \ln(2 \times 7,98 - 1) + \frac{2,2 - 1}{2 \times 2,2} \left[\ln(7,98 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,2} \right] \right\} = 4,85 \text{ mm}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

$$B_{100} = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \times 3,14^2}{100\sqrt{2,2}} = 3,98$$

$$Wf_{100} = \frac{2h}{\pi} \left\{ B_{100} - 1 - \ln(2B_{100} - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B_{100} - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$Wf_{50} = \frac{2 \times 1,575}{3,14} \left\{ 3,98 - 1 - \ln(2 \times 3,98 - 1) + \frac{2,2 - 1}{2 \times 2,2} \left[\ln(3,98 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,2} \right] \right\} = 1,37 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{15 \times 10^9} = 0,02 \text{ m} = 20 \text{ mm}$$

Jadi lebar saluran transmisi pada 50Ω (Wf_{50}) adalah 4,85 mm dan lebar saluran transmisi pada 100Ω (Wf_{100}) adalah 1.37 mm. Untuk T-junction nya adalah 10 mm.

3. Menghitung panjang saluran transmisi menggunakan persamaan 2.9, 2.10 dan 2.11 maka didapatkan:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{15 \times 10^9} = 0,02 \text{ m} = 20$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{20}{\sqrt{2,2}} = 13,48$$

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{13,48}{4} = 3,37 \text{ mm}$$

Jadi panjang saluran transmisi adalah 3,37 mm.

4. Menghitung dimensi substrat dan *groundplane* menggunakan persamaan 2.12 dan 2.13 didapatkan:

$$L_g = 6(h) + 2a = 6(1,575) + 2 \times 3 = 15,45 \text{ mm}$$

$$W_g = 6(h) + \frac{\pi}{2}a = 6(1,575) + \frac{3,14}{2} \times 3 = 14,16 \text{ mm}$$

Jadi panjang (L_g) antenna adalah 15,45 mm dan karena antenna yang akan dirancang adalah MIMO 4x4 maka lebar (W_g) antenna dikali 4 adalah 56,64 mm.

5. Menghitung dimensi slot antenna mikrostrip menggunakan persamaan 2.14 sampai 2.18 didapatkan:

$$F = \frac{\lambda}{60} = \frac{\frac{c}{f}}{60} = \frac{20}{60} = 0,33 \text{ mm}$$

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

$\frac{E}{W} \geq 0,3$, karena kita menggunakan *patch* berbentuk lingkaran segi enam maka W adalah $2a$.

$$\frac{E}{2a} \geq 0,3$$

$$\frac{E}{6} \geq 0,3$$

$$E = 0,3 \times 6 = 1,8 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{2,2 + 1}{2} + \frac{2,2 - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{1,575 \times 10^{-3}}{6} \right)^{-\frac{1}{2}} = 2,2$$

$$\Delta L = 0,412(1,575) \left(\frac{2,2 + 3}{2,2 - 0,258} \right) \left(\frac{\frac{6}{1,575 \times 10^{-3}} + 0,264}{\frac{6}{1,575 \times 10^{-3}} - 0,8} \right) = 0,0018 \text{ m}$$

$$= 1,8 \text{ mm}$$

$$D = \frac{3 \times 10^8}{14,1 \times 10^9 \sqrt{2,2}} - 2(6 + 2(1,8) - 0,33) = 1,3 \text{ mm}$$

3.7. Perancangan Model Antena Mikrostrip

Perancangan menggunakan *CST Studio Suite 2010* sebagai simulator. Langkah awal adalah mendesain bentuk antena sesuai perhitungan ke dalam simulator.

Tabel 3.2. Nilai Parameter Antena Mikrostrip

Parameter Antena Mikrostrip	Nilai (mm)	Spesifikasi Parameter
W_g	56,64	Lebar Substrat
L_g	15,45	Panjang Substrat
a	3	Jari-jari <i>patch</i>
$Wf1$	4,85	Lebar Feeder (pencatu) 50 Ω
$Wf2$	1,37	Lebar Feeder (pencatu) 100 Ω
Lf	3,37	Panjang Feeder
h_p	0.035	Tinggi(tebal) GroundPlane
h_s	1.575	Tinggi(tebal) Substrat
s	10	Lebar T-junction
f	0,33	Lebar slot
e	1,8	Panjang slot vertikal
d	1,3	Panjang slot horizontal

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perancangan dan simulasi antenna mikrostrip dilakukan dengan menggunakan software CST 2010, apabila belum mencapai parameter performansi antenna yang terlihat pada tabel 3.1 maka dilakukan optimasi dengan cara memperbesar atau memperkecil ukuran dimensi yang didapat dari perhitungan. Pada parameter-parameter antenna tersebut variabel bebasnya adalah h_p (tebal *patch* dan *groundplane*) dan h_s (tebal substrat), selain dari itu merupakan variabel bebas. Untuk mengubah panjang atau pendek variabel bebasnya kita bebas menentukan yang mana akan kita ubah lebih dulu. Setelah melakukan optimasi hasil parameter yang terbaik dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 3.3. Nilai Parameter Antena Mikrostrip Setelah Optimasi

Parameter antenna mikrostrip	Nilai (mm)	Spesifikasi Parameter
W_g	85	Lebar Substrat
L_g	19	Panjang Substrat
a	2,7	Jari-jari <i>patch</i>
W_{f1}	4,6	Lebar Feeder (pencatu) 50 Ω
W_{f2}	1,2	Lebar Feeder (pencatu) 100 Ω
L_{f1}	3,7	Panjang Feeder Pencatu
L_{f2}	6,7	Panjang Feeder <i>T-Junction</i>
h_p	0,035	Tinggi(tebal) <i>GroundPlane</i>
h_s	1,575	Tinggi(tebal) Substrat
vc	1,5	Nilai Tambah Vertikal <i>Patch</i>
vcs	-1,1	Nilai Tambah Vertikal Slot
$sbgU$	4,1	Lebar Slot <i>Background</i>
$sbgV$	0,25	Panjang Slot <i>Background</i>
s	5,1	Lebar <i>T-junction</i>
f	0,7	Lebar Slot
e	2,6	Panjang Slot Vertikal
d	2	Panjang Slot Horizontal
gap	3	Lebar Penambahan Parameter Antar Port

1. Diarant mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarant mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

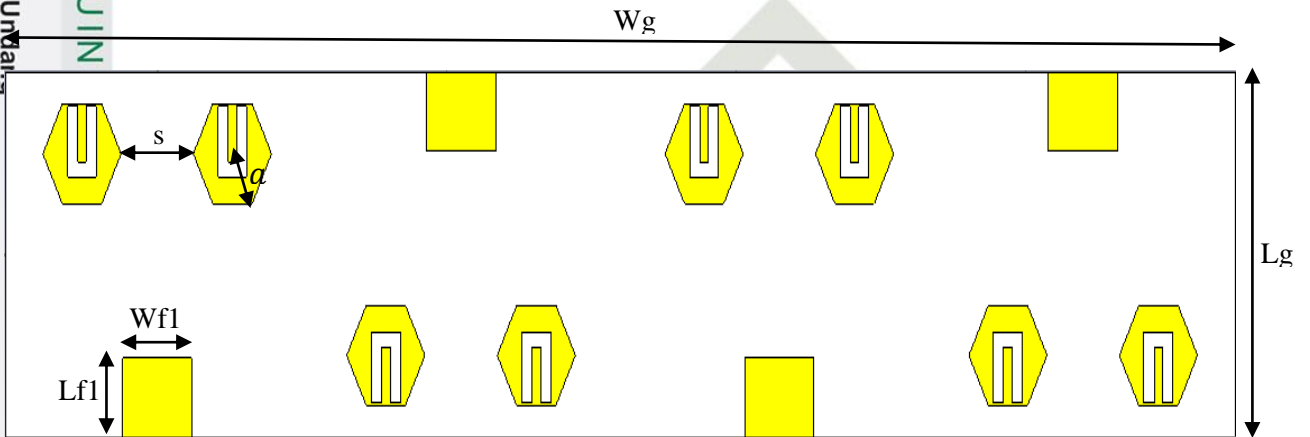
© Hak Cipta Milik UIN

Islamic

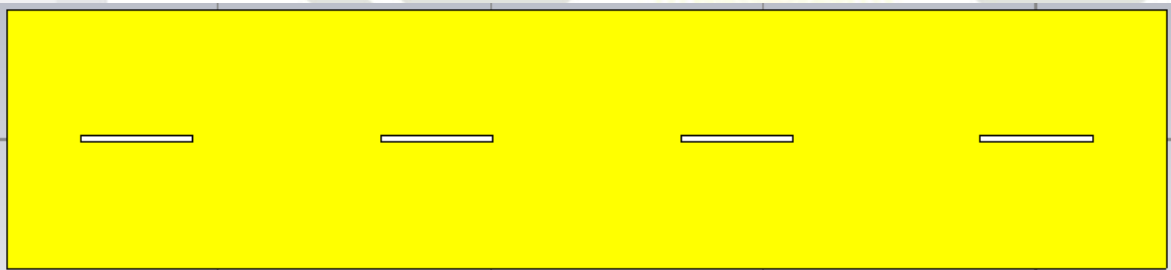
Syarif Kasim Riau

Pada tabel di atas setelah melakukan optimasi pada antenna ada beberapa parameter yang ditambah untuk menyesuaikan posisi bagian antenna agar mendapat hasil yang terbaik. Yang pertama adalah vc , vc ditambahkan pada parameter untuk mengubah posisi *patch* secara vertikal, vcs untuk mengubah posisi slot secara vertikal, dan gap merupakan nilai lebar antenna antar setiap port.

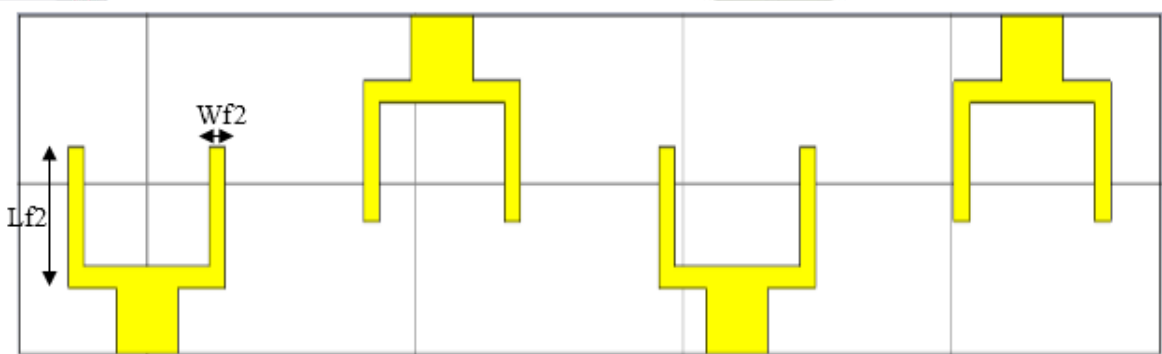
3.8. Bentuk Antena Mikrostrip



Gambar 3.2. Antena Tampak Depan



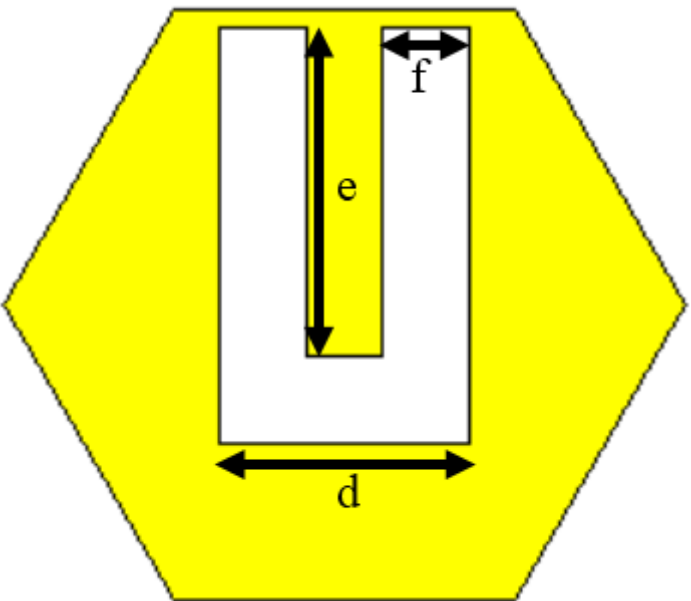
Gambar 3.3. Antena Tampak Belakang



Gambar 3.4. Antena Tampak dari Substrat 1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.5. *Patch Antena*




DAFTAR PUSTAKA

- [1] GSMA Intelligence. *"Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile"*. December 2014.
- [2] Tateishi, Kiichi, dkk. *"Field Experiments on 5G Radio Access Using 15 GHz Band in Outdoor Small Cell Enviroment"*. IEEE PIMRC, Vol. 26, pp. 851-855, 2015.
- [3] Cheng, Wei-Chung, dkk. *"15GHz Propagation Channel Measurement at a University Campus for the 5G Spectrum"*. Microwave Conference (APMIC), Desember, 2015.
- [4] C. A. Balanis. *"Antenna Theory Analysis and Design"*. 3rd ed. New Jersey : John Wiley & Sons, 2005.
- [5] Roza, Emilia dan Muhammad Mujirudin. *"Sistem MIMO dan Aplikasi Penggunaannya"*. Rekayasa Teknologi: Vol. 6, No. 2. 2013
- [6] Aji, Alvian Raharjo. dkk. *"Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Array Berbentuk Patch Segienam untuk MIMO 4x4 pada Frekuensi 15 GHz"*. e-Proceeding of Engineering: Vol. 5, No. 3, page. 5312. 2018.
- [7] Mathur, Vinita dan Manisha Gupta. *"Comparison of Performance Characteristics of Rectangular, Square and Hexagonal Microstrip Patch Antennas"*. IEEE. 2014.
- [8] Ardianto, Fajar Wahyu. dkk. *"Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1x2 dengan U-Slot Frekuensi 28 GHz"*. ELKOMIKA, Vol. 7, No. 1, halaman. 43-56, Januari 2019.
- [9] Alaydrus, Mudrik. *"Antena: Prinsip dan Aplikasi"*. Edisi Pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu, 2011.
- [10] Nugraha, Ade Setya. dkk. *"Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip dengan Frekuensi 850 MHz untuk Aplikasi Praktikum Antena"*. TRANSMISI, 13 (1), 2011, 39-45. 2011.
- [11] Amin, Mohammad. *"Perancangan Antena Mikrostrip Untuk Spektrum Ultra Wideband pada WLAN 5,2 GHz"*. Universitas Darma Persada, 2015.
- [12] KEMKOMINFO. *"Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 Spektrum Outlook dan Use Case untuk Layanan 5G Indonesia"*. Puslitbang SDPPI, 2018.
- [13] Zulpratita, Ulil Surtia. *"Kunci Teknologi 5G"*. Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan, Vol. IV, No. 2, 30 April 2018.

LAMPIRAN A

MERANCANG ANTENA MIKROSTRIP ARRAY BERBENTUK PATCH SEGI ENAM DENGAN U-SLOT

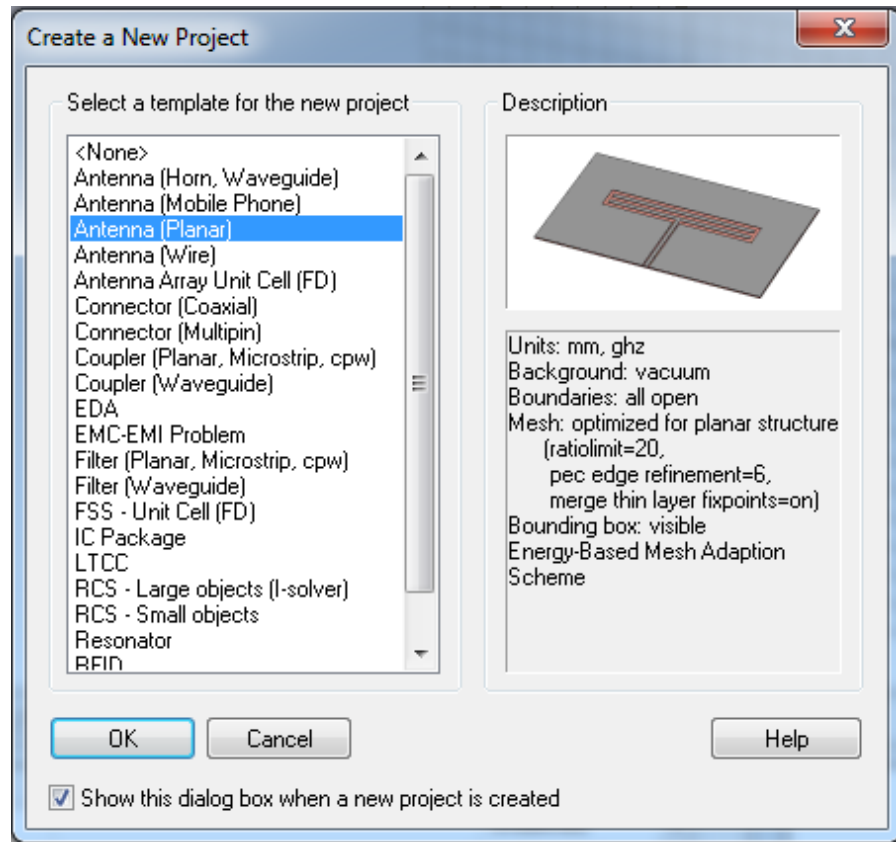
Pada lampiran A ini akan dijelaskan proses merancang antenna mikrostrip *array* berbentuk *patch* segi enam dengan U-slot menggunakan *software* CST Studio Suite 2010. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Buka *software* CST Studio Suite 2010 dengan mengklik gambar  pada komputer/laptop sehingga muncul tampilan seperti gambar A.1. di bawah ini, lalu *double klik* “CST MICROWAVE STUDIO” seperti yang di lingkaran merah.



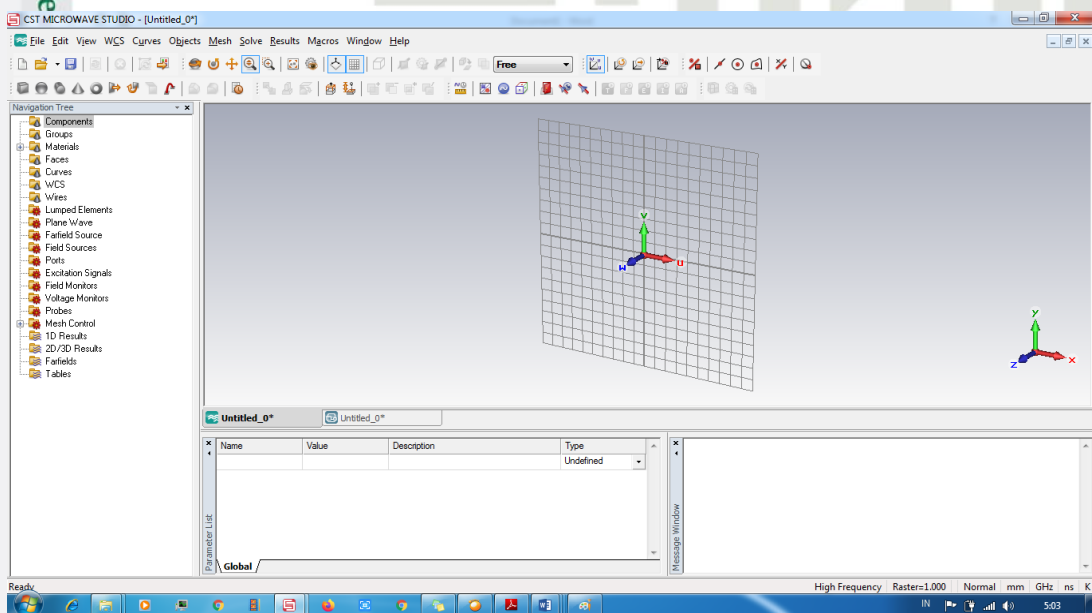
Gambar A.1. Tampilan *Software* CST Studio Suite 2010

2. Lalu akan muncul tampilan *Create a New Project* seperti gambar A.2. di bawah ini, kemudian pilih **Antenna (Planar)** lalu klik **OK**.



Gambar A.2. Tampilan *Create a New Project* pada software CST Microwave Studio 2010

3. Lalu akan muncul tampilan seperti gambar A.3. di bawah ini.



Gambar A.3. Tampilan awal *Project Antenna (Planar)*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State

Kasim Riau

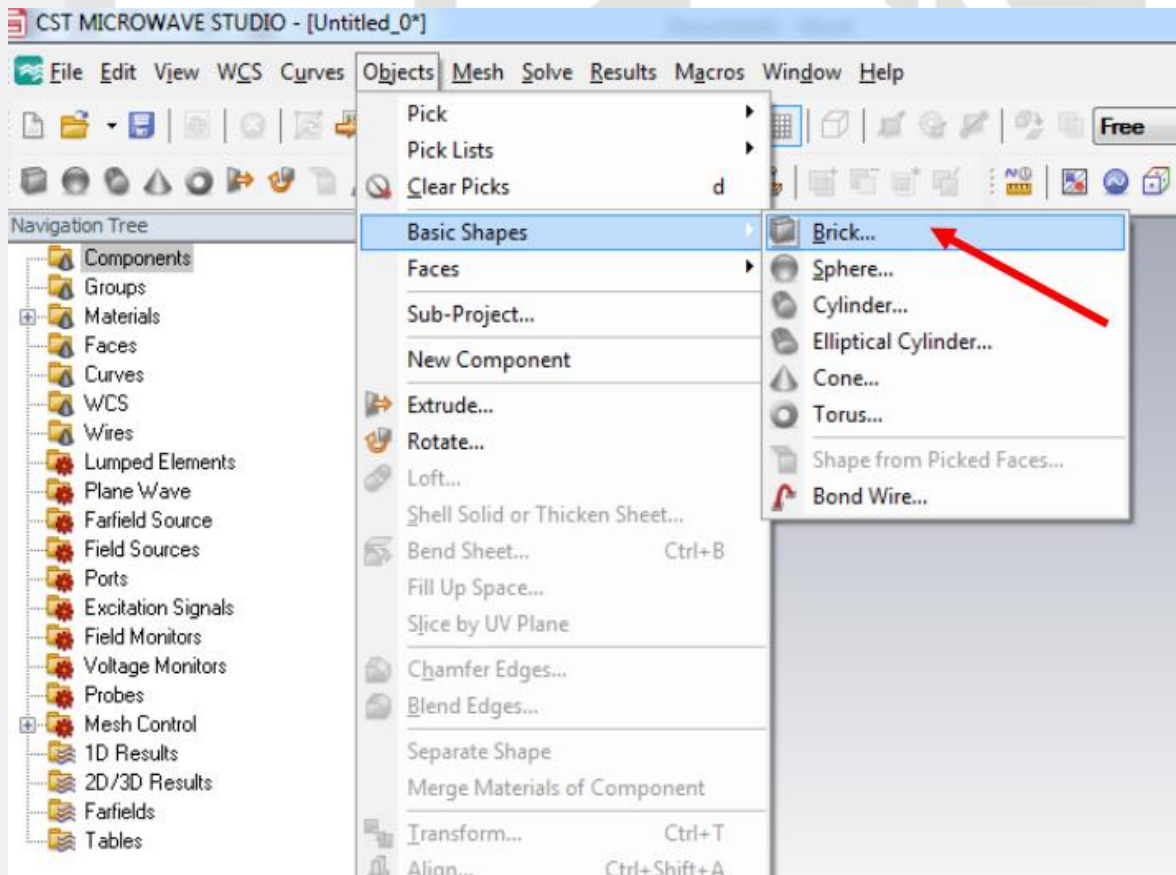
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. Lalu isi *parameter list* sesuai dengan tabel 3.3 seperti gambar A.4. di bawah.

Name	Value	Description	Type
a	2.7		Undefined
d	2		Undefined
e	2.6		Undefined
f	0.7		Undefined
hp	0.035		None
hs	1.575		None
lf1	3.7		Undefined

Gambar A.4. *Parameter List*

5. Pertama-tama kita akan membuat bagian *background* nya, pada tampilan *software* CST Microwave 2010 pilih menu **Objects** > **Basic Shapes** > **Brick...**, seperti gambar A.3. di bawah.



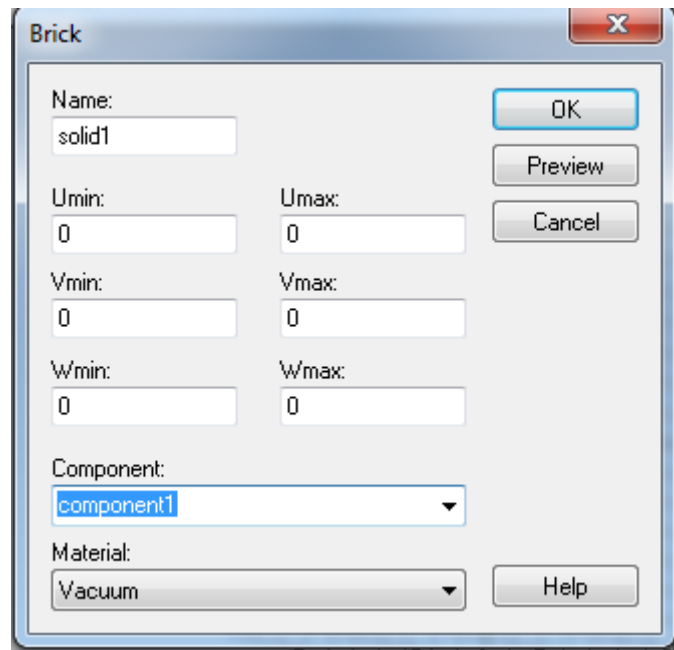
Gambar A.5. Tampilan menu CST 2010

- Hak Cipta Sifatnya Perorangan
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Lalu tekan Esc di *Keyboard* untuk menampilkan *dialog box Brick* seperti gambar A.5. di bawah.



Gambar A.6. *Dialog Box Brick*

7. Lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.8. di bawah dan pilih *OK*.

Name : Groundplane

Umin : -wg/2

Umax : wg/2

Vmin : -lg/2

Vmax : lg/2

Wmin : -hs

Wmax : -hs-hp

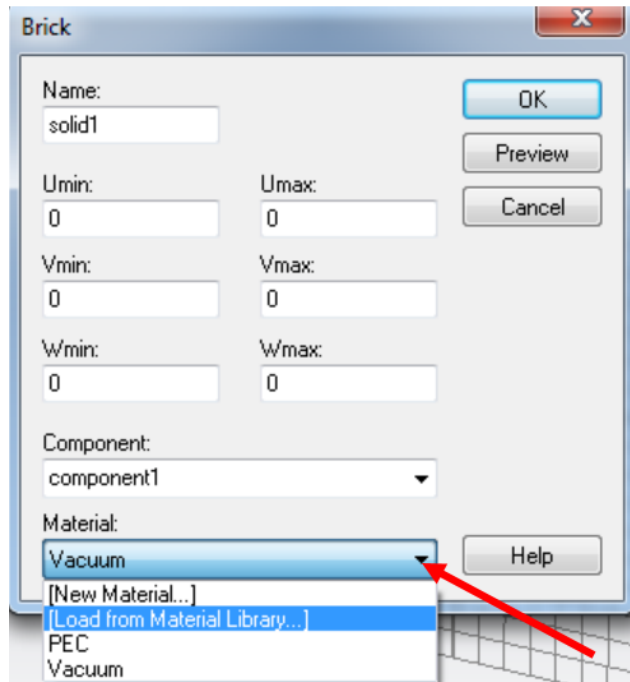
Component : component1

Material :

- a. Untuk menentukan material klik tanda panah yang telah ditandai seperti gambar A.6. dan pilih [*Load from Material Library...*].

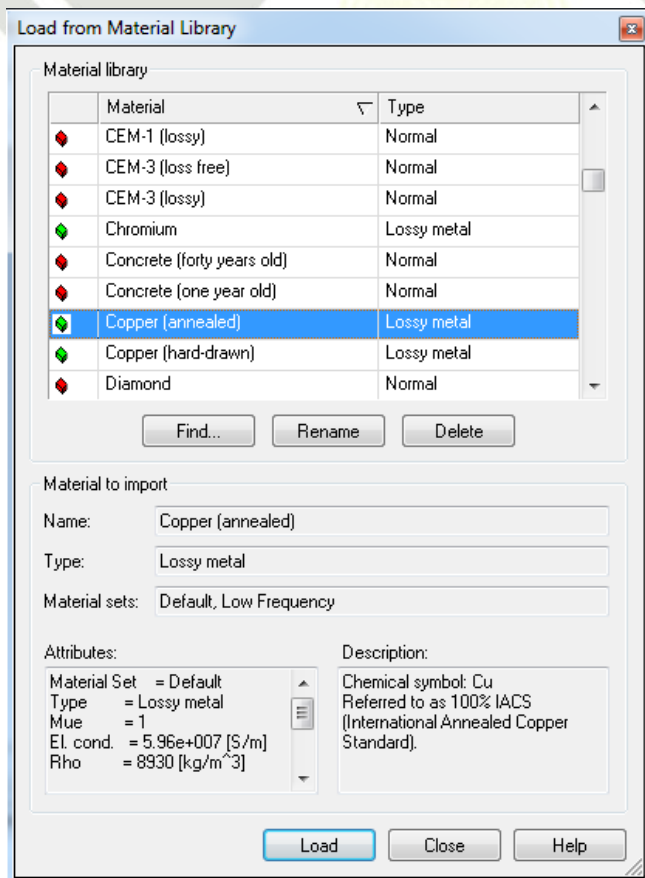
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

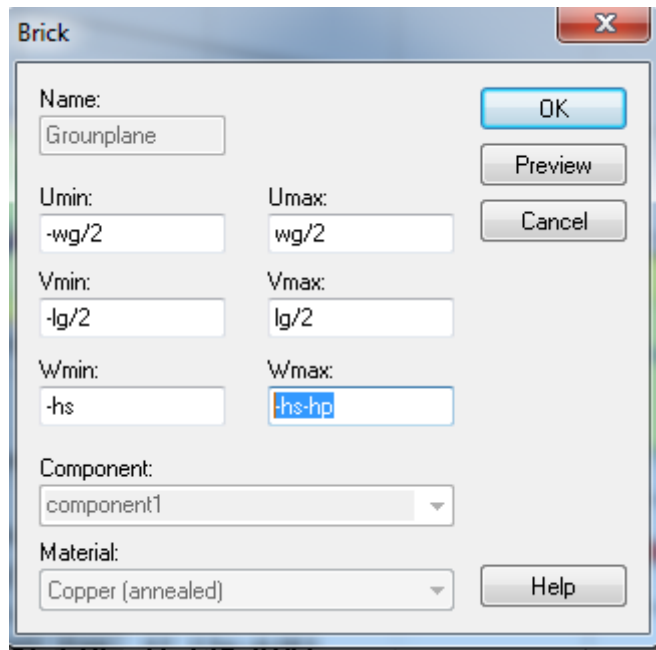


Gambar A.7. Cara menentukan *Material Antenna*

- b. Lalu akan muncul *dialog box Load from Material Library*, pilih **Cooper [annealed]** lalu klik **Load**.

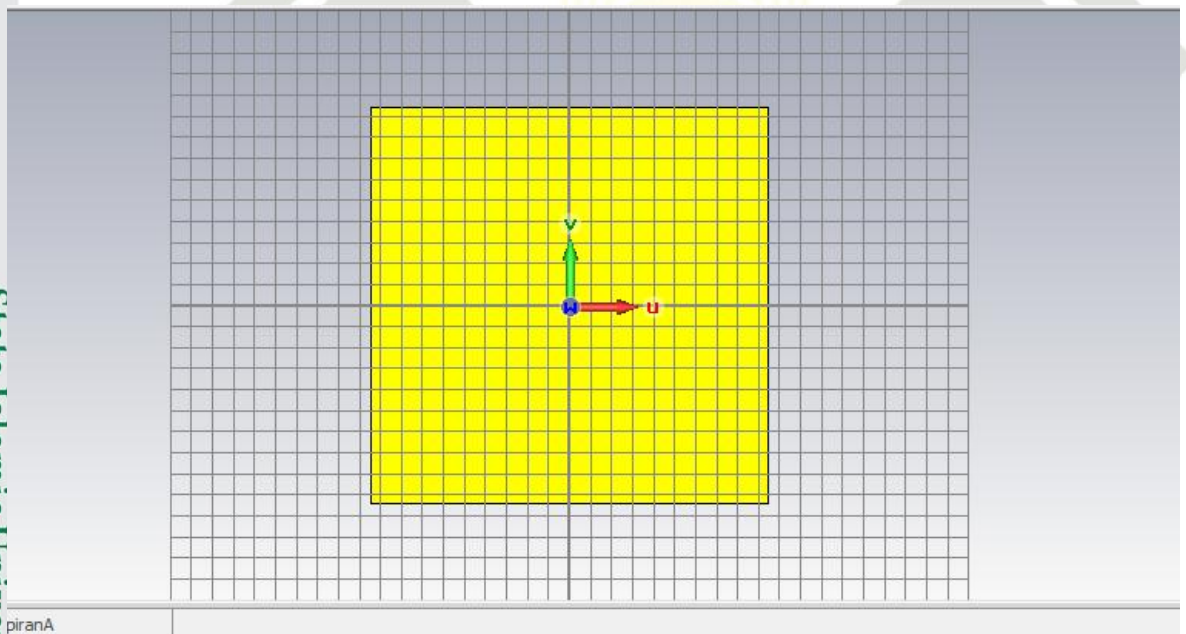


Gambar A.8. *Dialog Box Load from Material Library*



Gambar A.9. Dialog box background

Lalu akan muncul gambar seperti gambar A.10. di bawah ini.



Gambar A.10. Background

8. Selanjutnya kita akan membuat substrat 1 nya dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.11. di bawah, lalu pilih **OK**.

Name : Substrat1

Umin : -wg/2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$U_{max} : wg/2$$

$$V_{min} : -lg/2$$

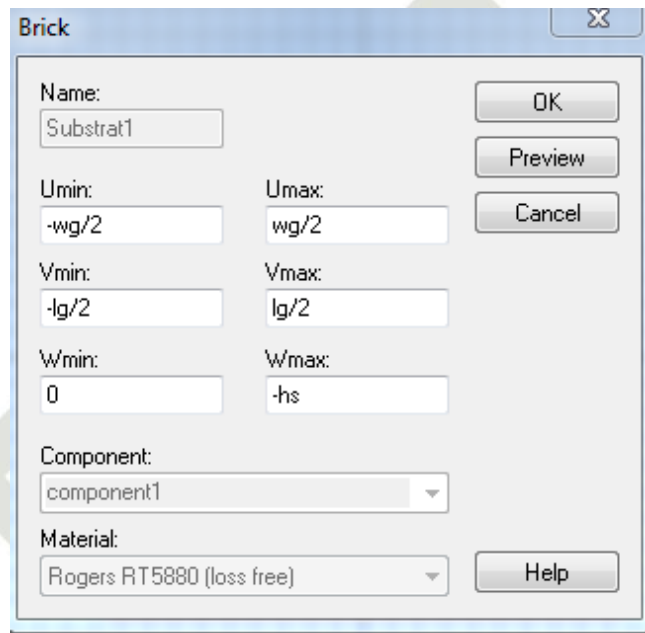
$$V_{max} : lg/2$$

$$W_{min} : 0$$

$$W_{max} : -hs$$

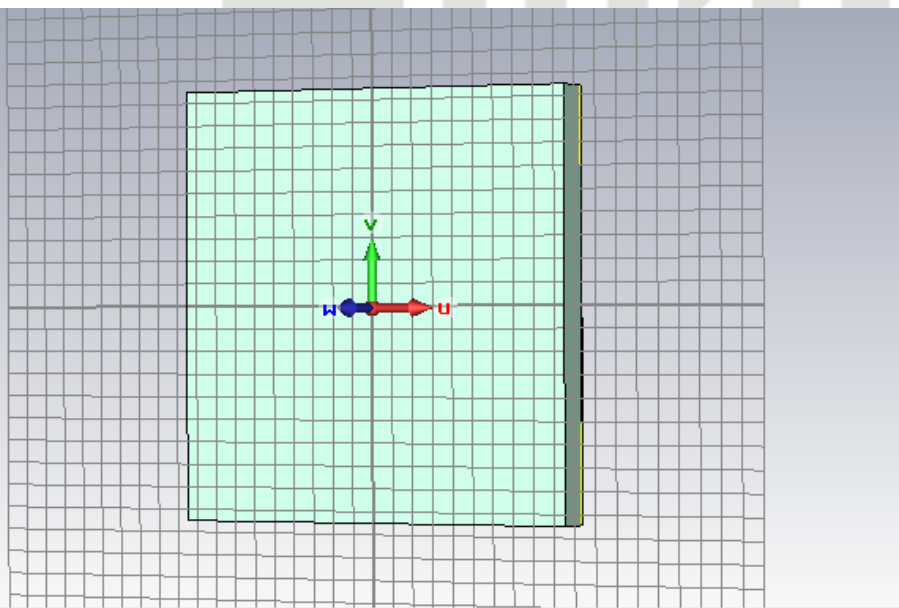
Component : component1

Material : Rogers RT5880 (loss free)



Gambar A.11. Dialog box Substrat 1

Lalu akan muncul gambar seperti gambar A.12. di bawah ini.



Gambar A.12. Substrat 1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Langkah selanjutnya adalah membuat pencatuan atau *feed* nya dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.13. di bawah, lalu pilih **OK**.

Name : Feed

Umin : -wf1/2

Umax : wf1/2

Vmin : -lg/2

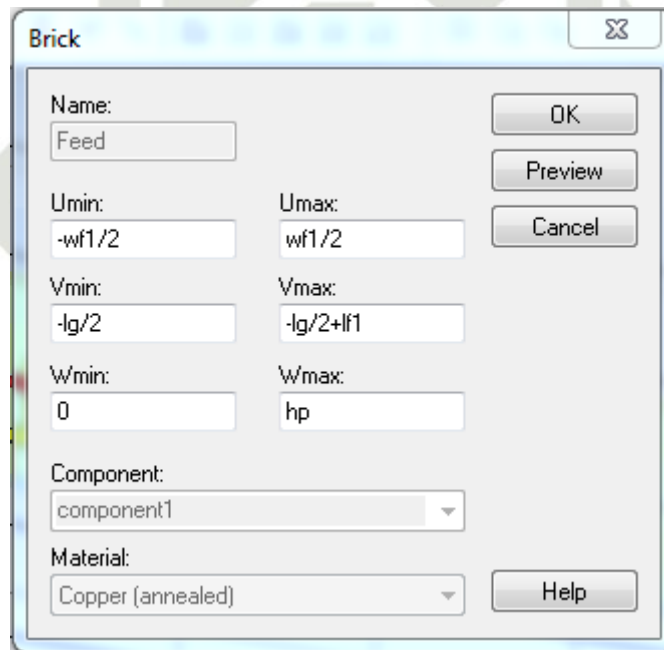
Vmax : -lg/2+lf1

Wmin : 0

Wmax : hp

Component : component1

Material : Copper [annealed]

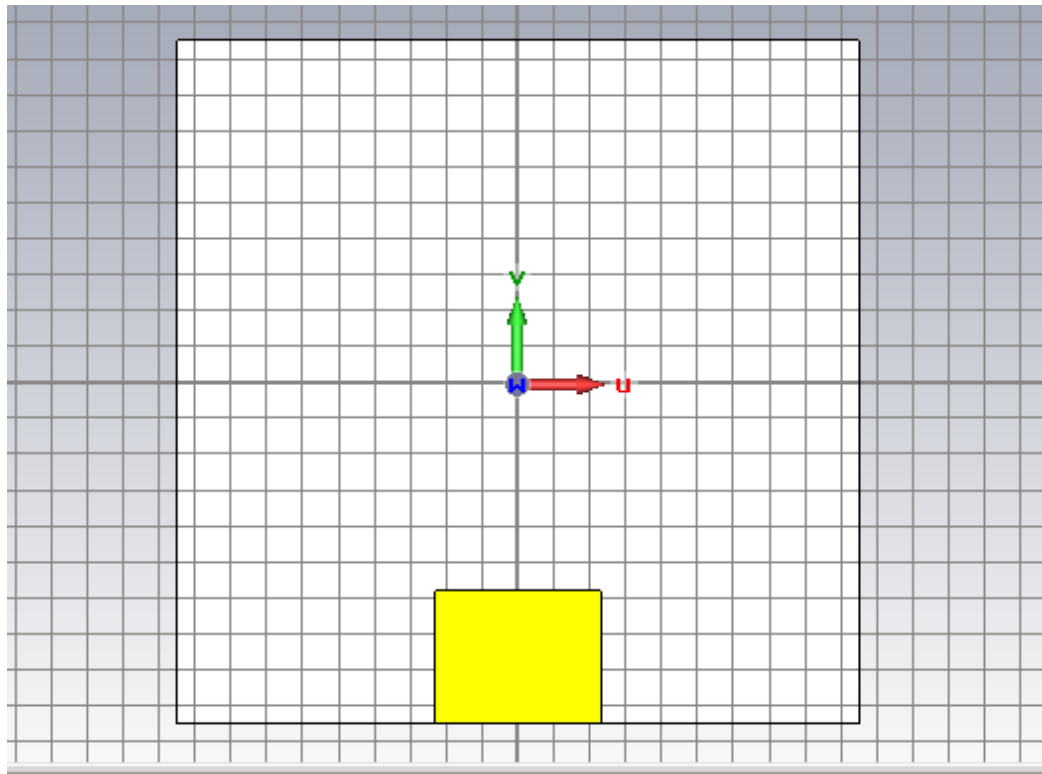


Gambar A.13. Dialog box feed

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar A.14 di bawah ini.



Gambar A.14. Setelah penambahan *Feed*

10. Langkah selanjutnya adalah membuat *T-junction* nya dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.15. di bawah, lalu pilih *OK*.

Name : Junction

Umin : $-s/2-a-wf^2/2$

Umax : $s/2+a+wf^2/2$

Vmin : $-lg/2+lf1$

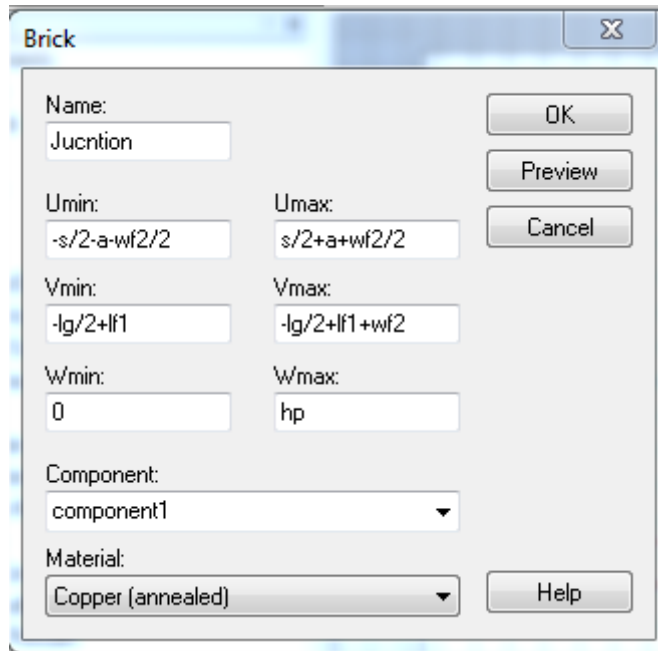
Vmax : $-lg/2+lf1+wf2$

Wmin : 0

Wmax : hp

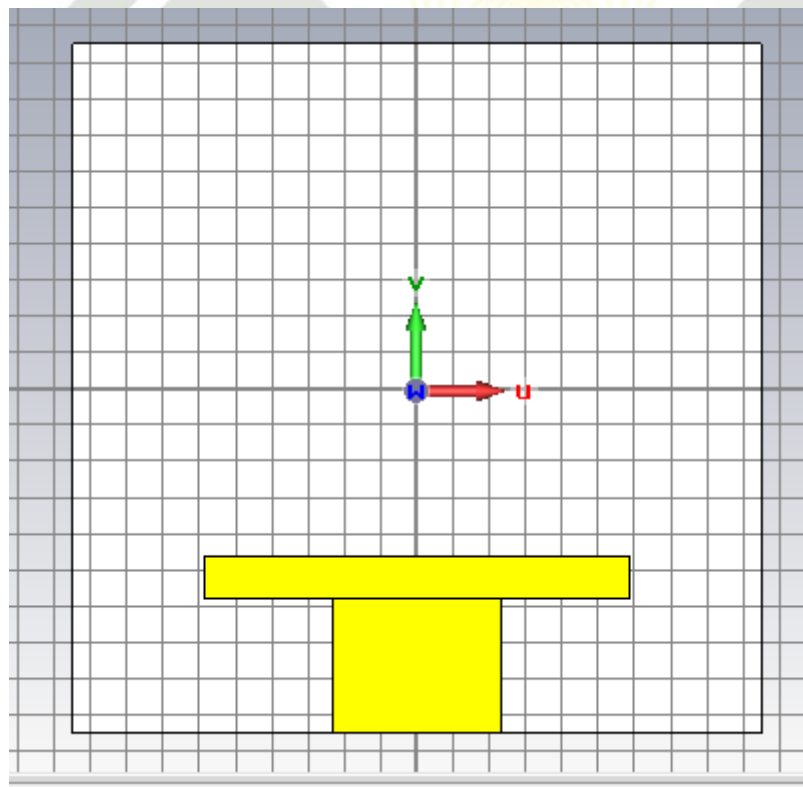
Component : component1

Material : Copper [annealed]



Gambar A.15. dialog box junction

Lalu akan muncul gambar seperti gambar A.16. di bawah ini.

Gambar A.16. Setelah penambahan *Junction*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Langkah selanjutnya adalah membuat *feed T-junction* nya dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.17. di bawah, lalu pilih **OK**.

Name : *Feed Junction*

Umin : $-s/2-a-wf2/2$

Umax : $-s/2-a-wf2/2+wf2$

Vmin : $-lg/2+lf1+wf2$

Vmax : $-lg/2+lf1+wf2+lf2$

Wmin : 0

Wmax : hp

Component : *component1*

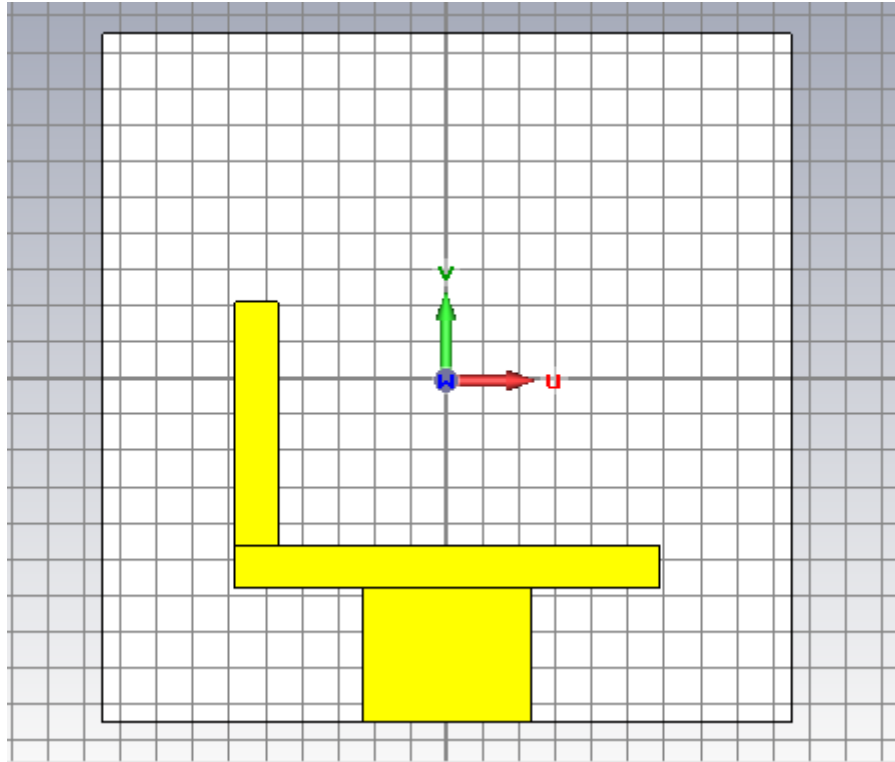
Material : *Copper [annealed]*

Gambar A.17. *Dialog box Feed Junction*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar A.18. di bawah ini.



Gambar A.18. Setelah penambahan *Feed Junction* sebelah kiri

12. Langkah selanjutnya adalah membuat *feed T-junction* yang satu nya (sebelah kanan) dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.19. di bawah, lalu pilih **OK**.

Name : *Feed Junction_*

Umin : $s/2+a+wf2/2$

Umax : $s/2+a+wf2/2-wf2$

Vmin : $-lg/2+lf1+wf2$

Vmax : $-lg/2+lf1+wf2+lf2$

Wmin : 0

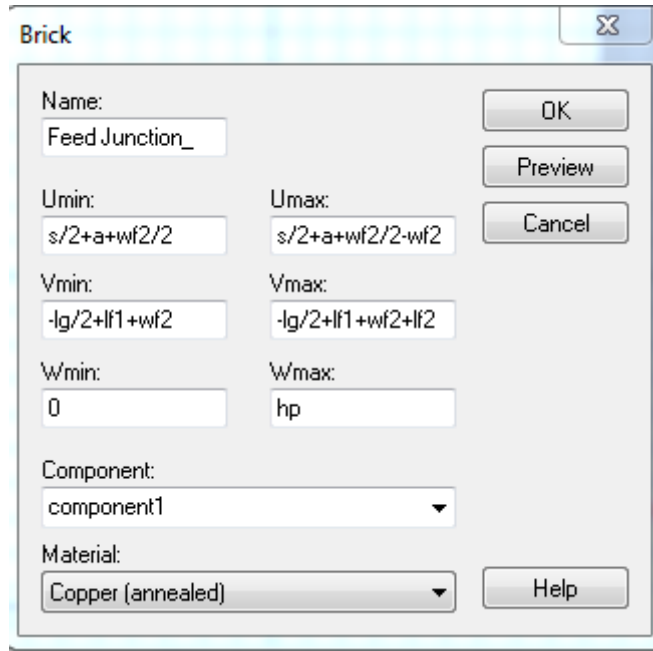
Wmax : hp

Component : *component1*

Material : *Copper [annealed]*

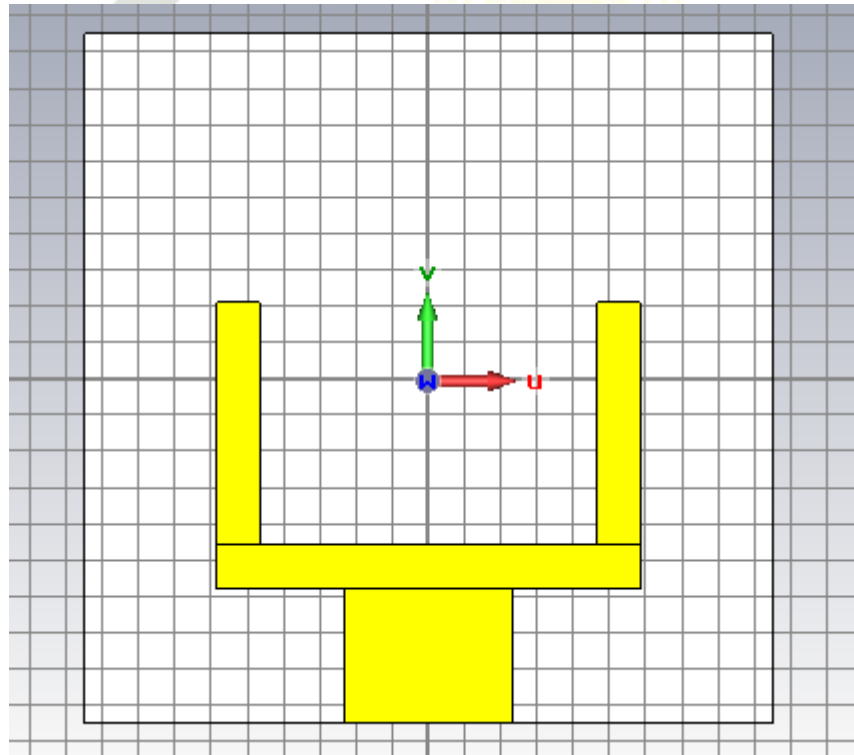
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar A.19. Dialog box *Feed Junction_* (sebelah kanan)

Lalu akan muncul seperti gambar A.20. di bawah ini.



Gambar A.20. Setelah penambahan *Feed Junction_* sebelah kanan

3. Langkah selanjutnya adalah membuat lapisan substrat yang kedua dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.21. di bawah, lalu pilih **OK**.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Name : Substrat2

Umin : $-wg/2$

Umax : $wg/2$

Vmin : $-lg/2$

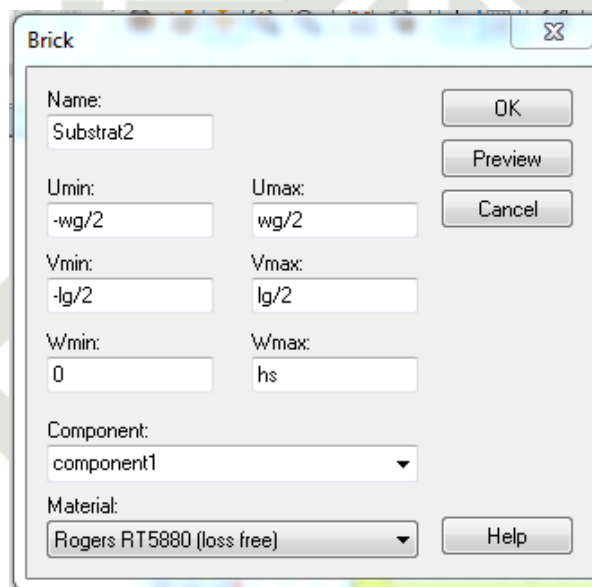
Vmax : $lg/2$

Wmin : 0

Wmax : hs

Component : component1

Material : Rogers RT5880 (loss free)

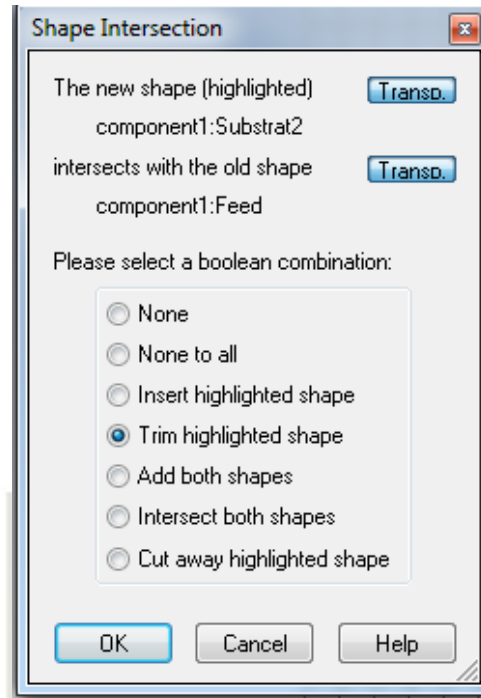


Gambar A.21. Dialog box Substrat 2

Lalu akan muncul *Dialog box Shape Intersection* lalu pilih **Trim highlighted shape** lalu pilih **OK**, seperti gambar A.22. di bawah.

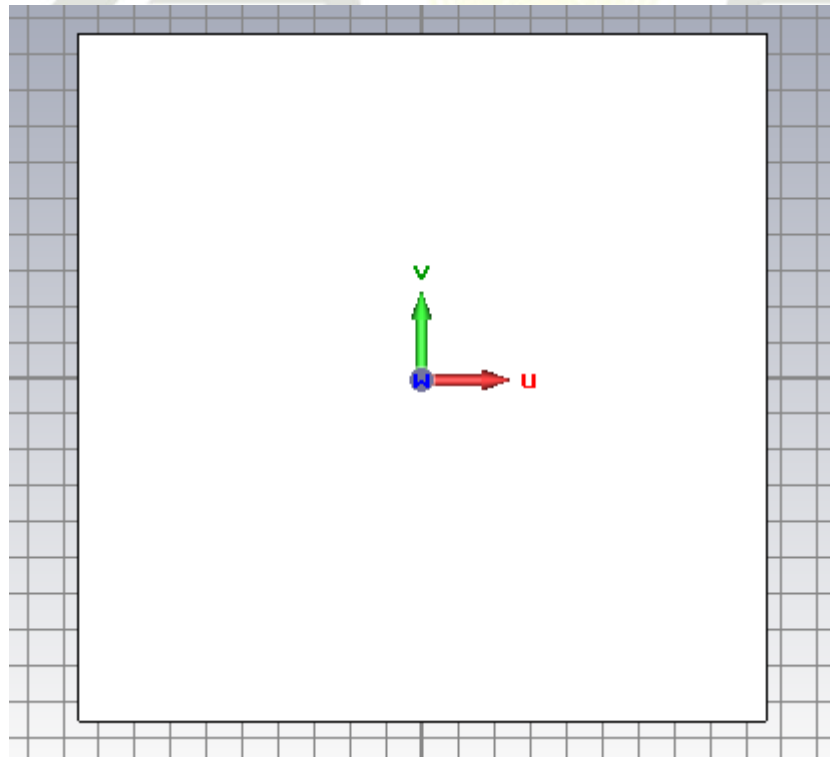
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar A.22. Dialog box Shape Intersection

Lalu akan muncul seperti gambar A.23. di bawah.



Gambar A.23. Setelah penambahan Substrat 2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. Langkah selanjutnya adalah membuat *patch* dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Cylinder...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.24. di bawah, lalu pilih **OK**.

Name : Patch

Orientation : W

Outer Radius : a

Inner Radius : 0

Ucenter : -s/2-a

Vcenter : -lg/2+lf1+wf2+lf2+vc

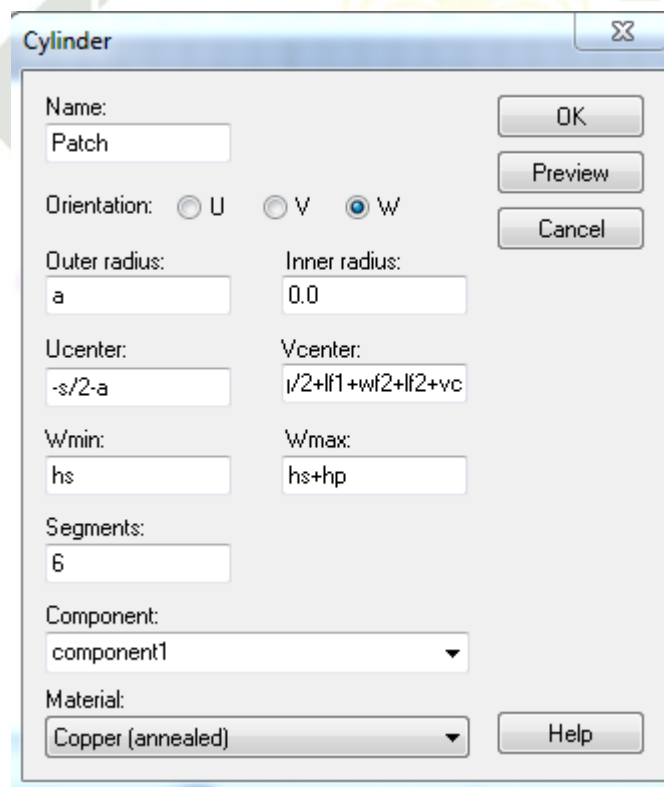
Wmin : hs

Wmax : hs+hp

Segments : 6

Component : component1

Material : Copper [annealed]

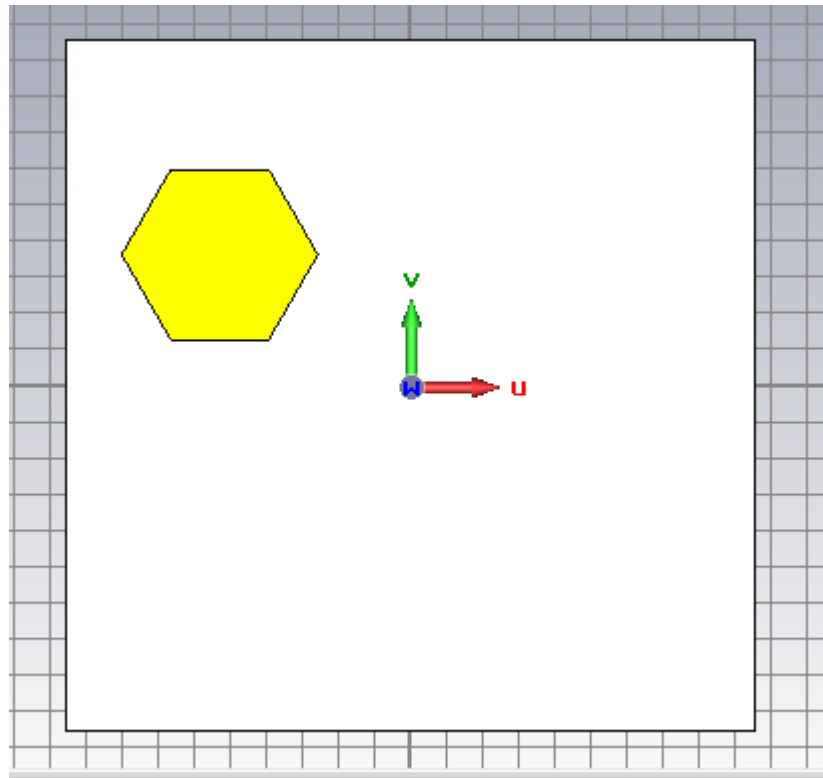


Gambar A.24. Dialog box Patch sebelah kiri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul gambar A.25. seperti di bawah ini.



Gambar A.25. Setelah penambahan *Patch* sebelah kiri

15. Langkah selanjutnya adalah membuat *gap* atau potongan pada substrat 2 nya dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.26. di bawah, lalu pilih **OK**.

Name : Gap

Umin : $-wf1/2$

Umax : $wf1/2$

Vmin : $-lg/2$

Vmax : $-lg/2+lf1$

Wmin : hp

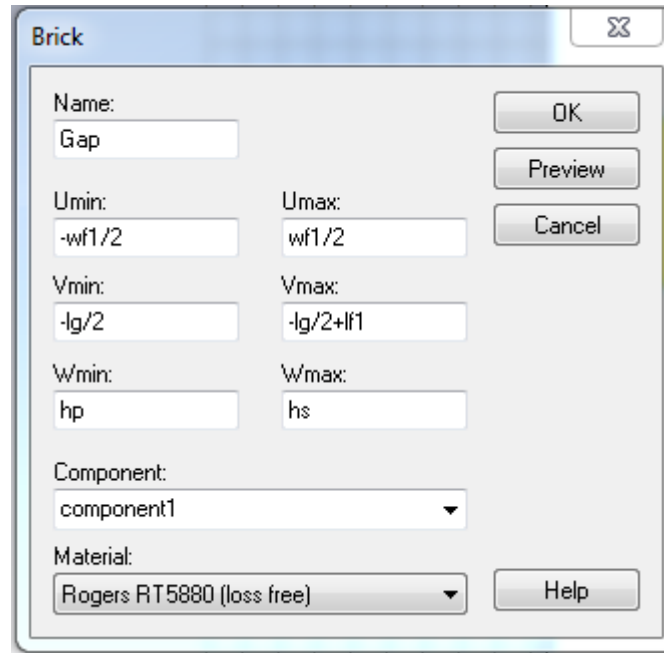
Wmax : hs

Component : *component1*

Material : Rogers RT5880 (*loss free*)

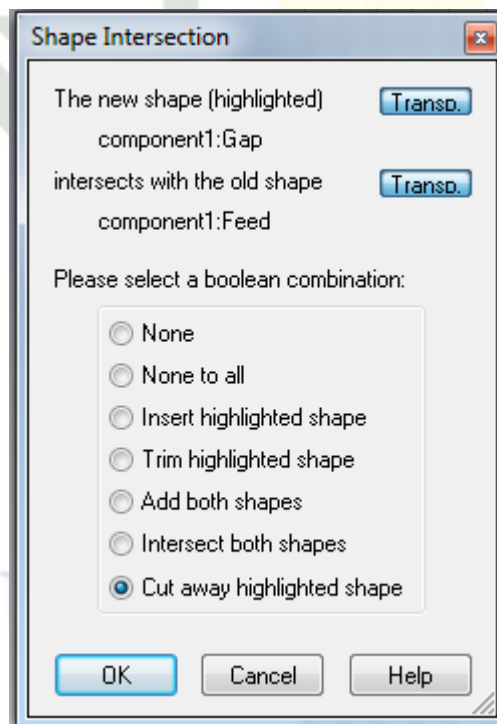
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar A.26. Dialog box gap pada substrat 2

Lalu akan muncul *Dialog box Shape Intersection* lalu pilih **Cut Away highlighted shape** lalu pilih **OK**, seperti gambar A.27. di bawah.

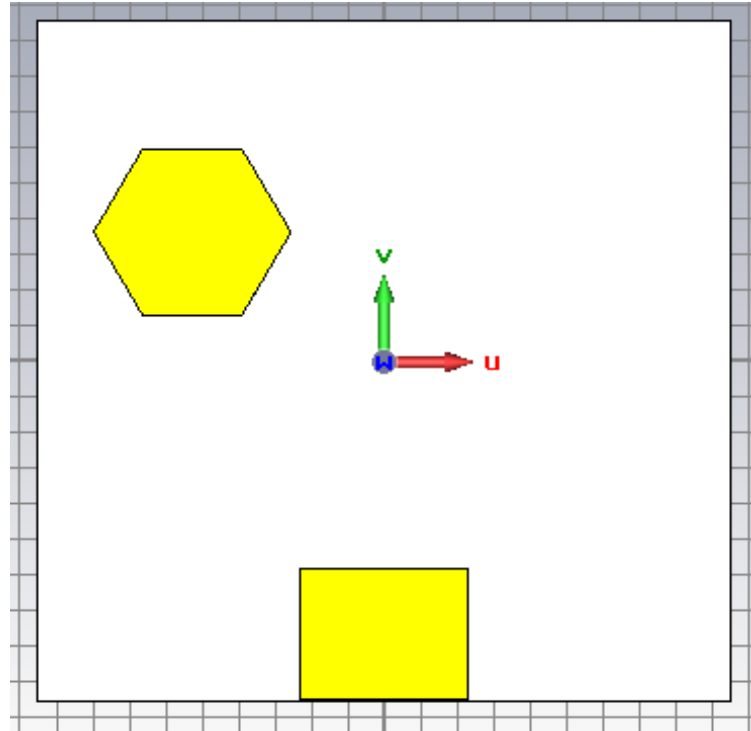


Gambar A.27. Dialog box Shape Intersection

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar A.28. di bawah ini.



Gambar A.28. Setelah pemberian *gap* pada substrat 2

16. Langkah selanjutnya adalah membuat slot d dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.29. di bawah, lalu pilih **OK**. Lalu akan muncul *Dialog box Shape Intersection* lalu pilih **Cut Away highlighted shape** lalu pilih **OK**.

Name : Slot d

Umin : $-s/2-a-d/2$

Umax : $-s/2-a-d/2+d$

Vmin : $-lg/2+lf1+wf2+lf2+vcs+vc$

Vmax : $-lg/2+lf1+wf2+lf2+f+vcs+vc$

Wmin : hs

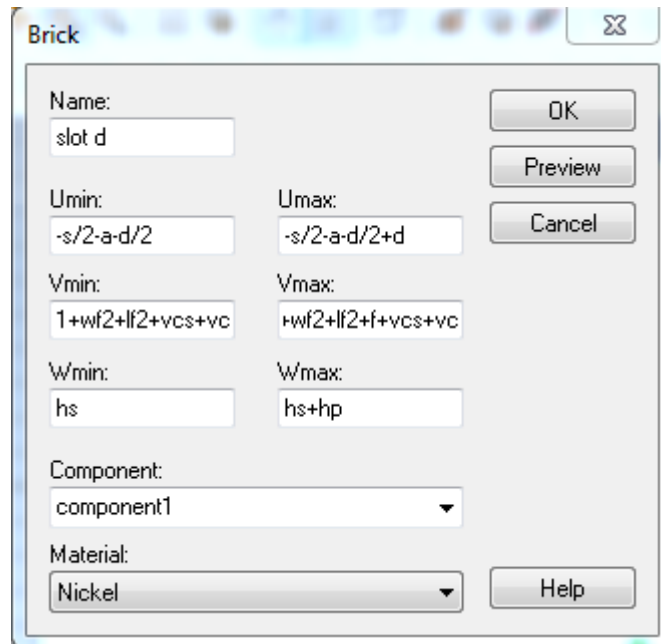
Wmax : $hs+hp$

Component : *component1*

Material : Nickel

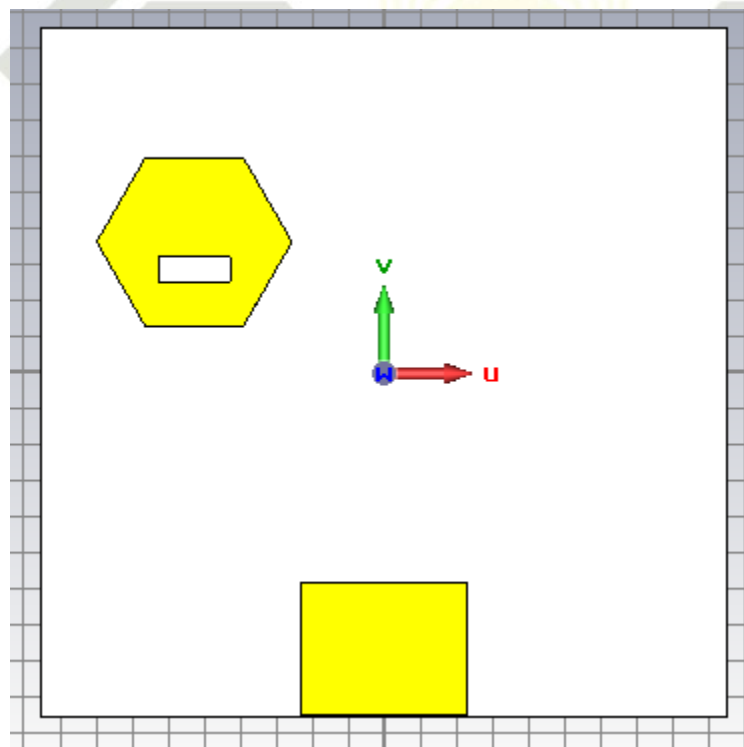
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar A.29. Dialog box slot d

Lalu akan muncul seperti gambar A.30. di bawah ini.



Gambar A.30. Setelah penambahan slot d

7. Langkah selanjutnya adalah membuat slot e dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.31. di bawah,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

lalu pilih *OK*. Lalu akan muncul *Dialog box Shape Intersection* lalu pilih *Cut Away highlighted shape* lalu pilih *OK*.

Name : Slot e

Umin : $-s/2-a-d/2$

Umax : $-s/2-a-d/2+f$

Vmin : $-lg/2+lf1+wf2+lf2+f+vcs+vc$

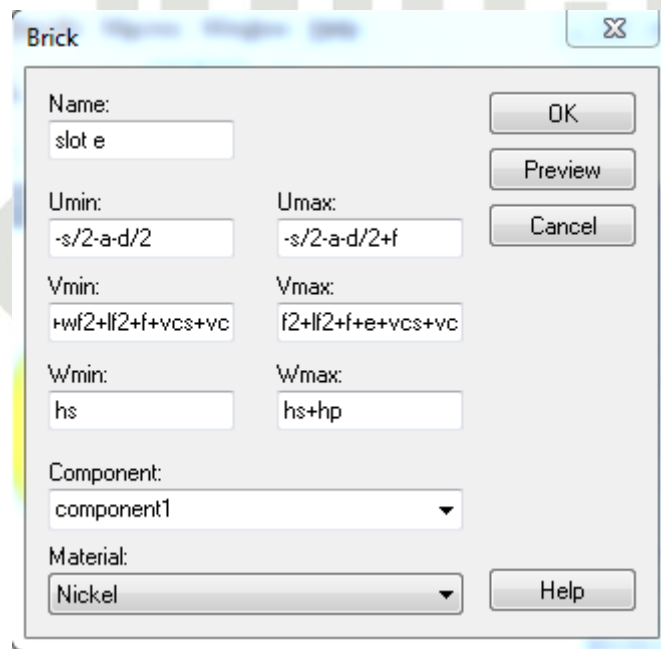
Vmax : $-lg/2+lf1+wf2+lf2+f+e+vcs+vc$

Wmin : hs

Wmax : $hs+hp$

Component : *component1*

Material : *Nickel*

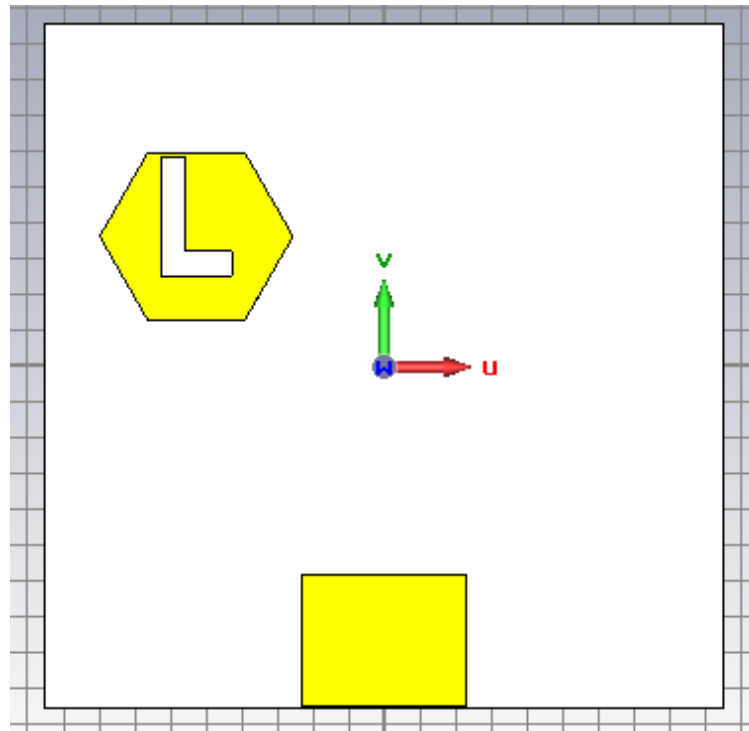


Gambar A.31. *Dialog box* slot e sebelah kiri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar A.32. di bawah ini.



Gambar A.32. Setelah penambahan slot e

18. Langkah selanjutnya adalah membuat slot e sebelah kanan dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar A.33. di bawah, lalu pilih **OK**. Lalu akan muncul *Dialog box Shape Intersection* lalu pilih **Cut Away highlighted shape** lalu pilih **OK**.

Name : Slot e_

Umin : $-s/2-a-d/2$

Umax : $-s/2-a-d/2+f$

Vmin : $-lg/2+lf1+wf2+lf2+f+vcs+vc$

Vmax : $-lg/2+lf1+wf2+lf2+f+e+vcs+vc$

Wmin : hs

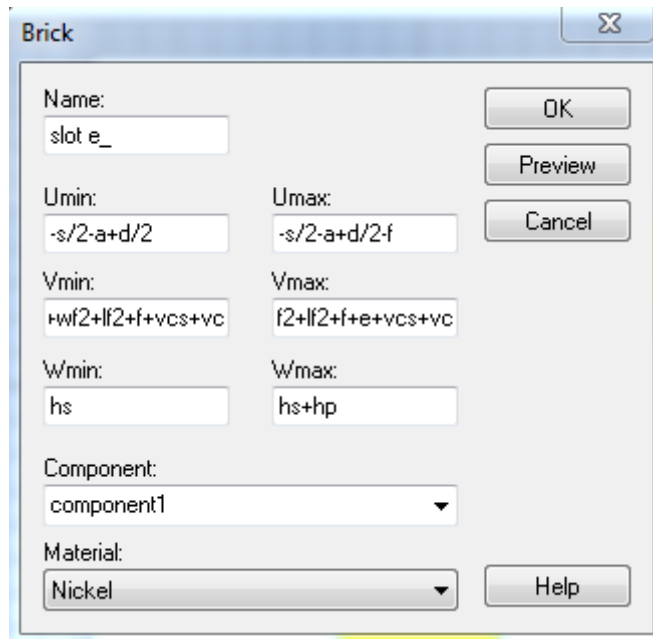
Wmax : $hs+hp$

Component : *component1*

Material : *Nickel*

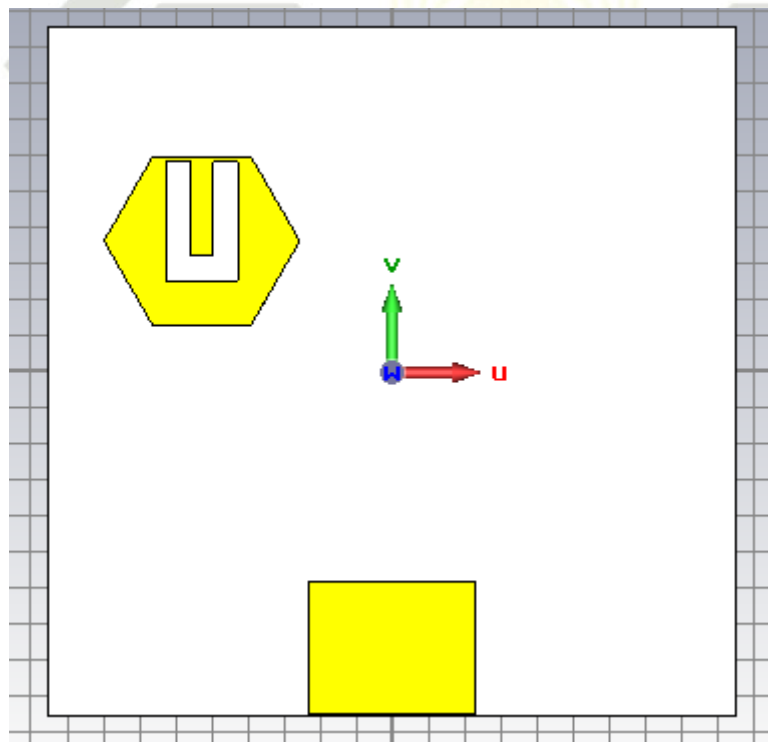
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar A.33. Dialog box slot e sebelah kanan

Lalu akan muncul seperti gambar A.34. di bawah ini.



Gambar A.34. Setelah penambahan slot e sebelah kanan

9. Langkah selanjutnya adalah membuat slot untuk bagian *background* nya dengan cara pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

gambar A.35. di bawah, lalu pilih *OK*. Lalu akan muncul *Dialog box Shape Intersection* lalu pilih ***Cut Away highlighted shape*** lalu pilih ***OK***.

Name : slot background

Umin : -sbgU

Umax : sbgU

Vmin : -sbgV

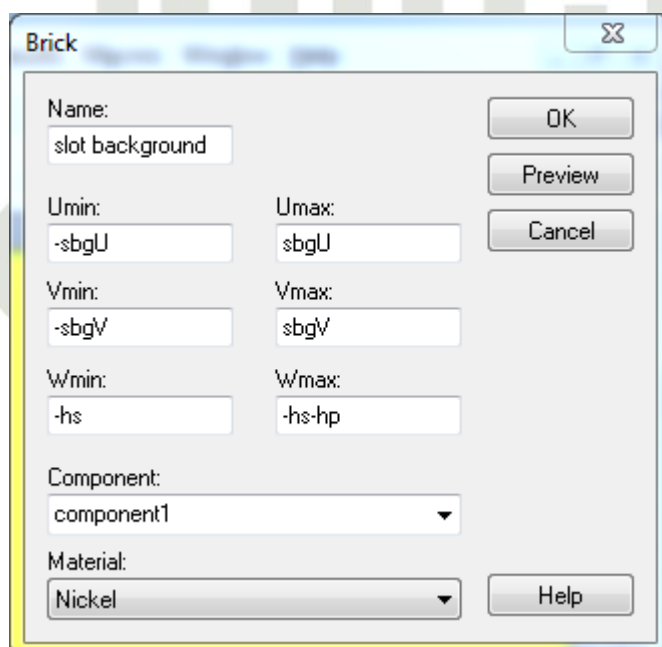
Vmax : sbgV

Wmin : -hs

Wmax : -hs-hp

Component : component1

Material : Nickel

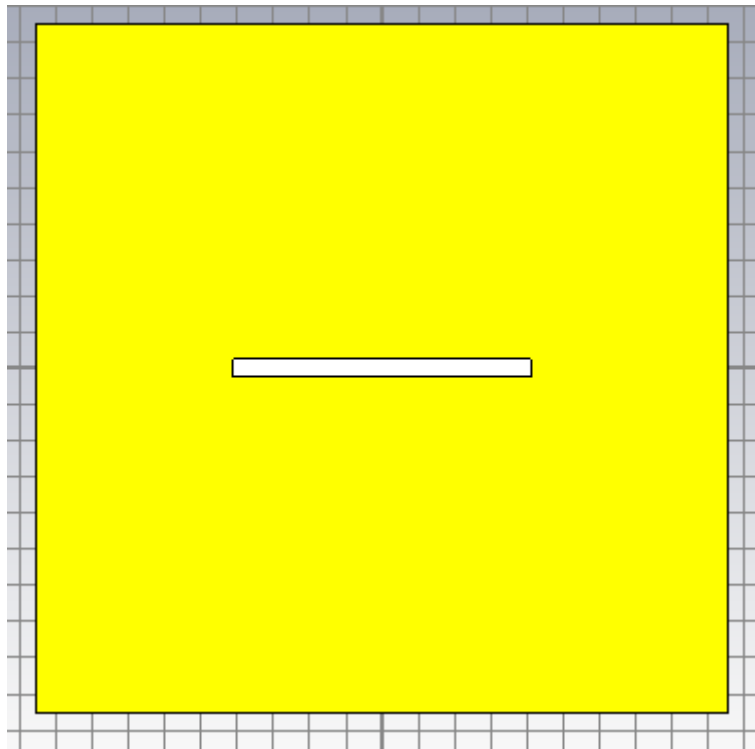


Gambar A.35. *Dialog box slot background*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar A.36. di bawah ini.



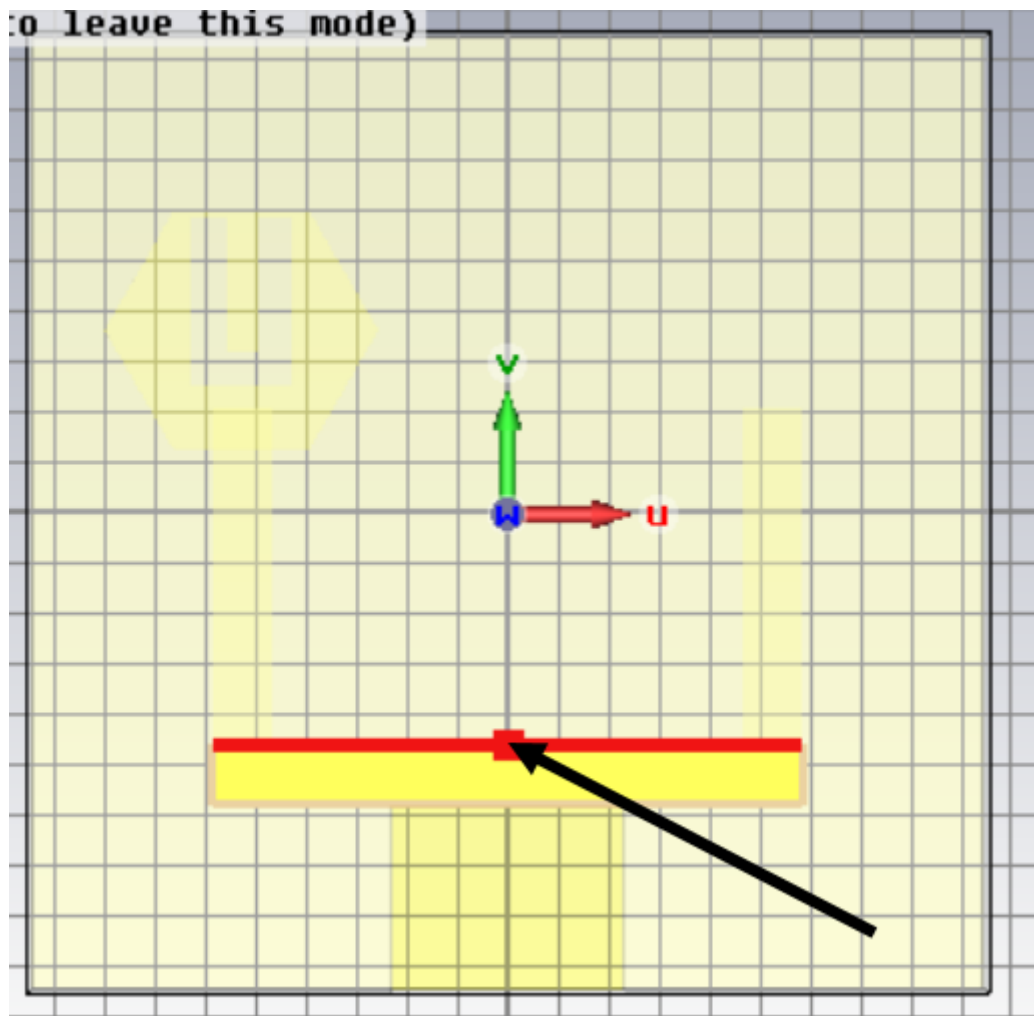
Gambar A.36. Setelah penambahan slot pada bagian *background*

20. Langkah selanjutnya adalah membuat *patch* yang kedua dengan cara:
 - a. Pada *Navigation Tree* > *Components* > *component1* > klik *Junction*.
 - b. Lalu pilih menu *Objects* > *Pick* > *Pick Edge Midpoint*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- c. Lalu *double klik* pada tanda panah yang telah ditunjukkan pada gambar A.37. di bawah ini.

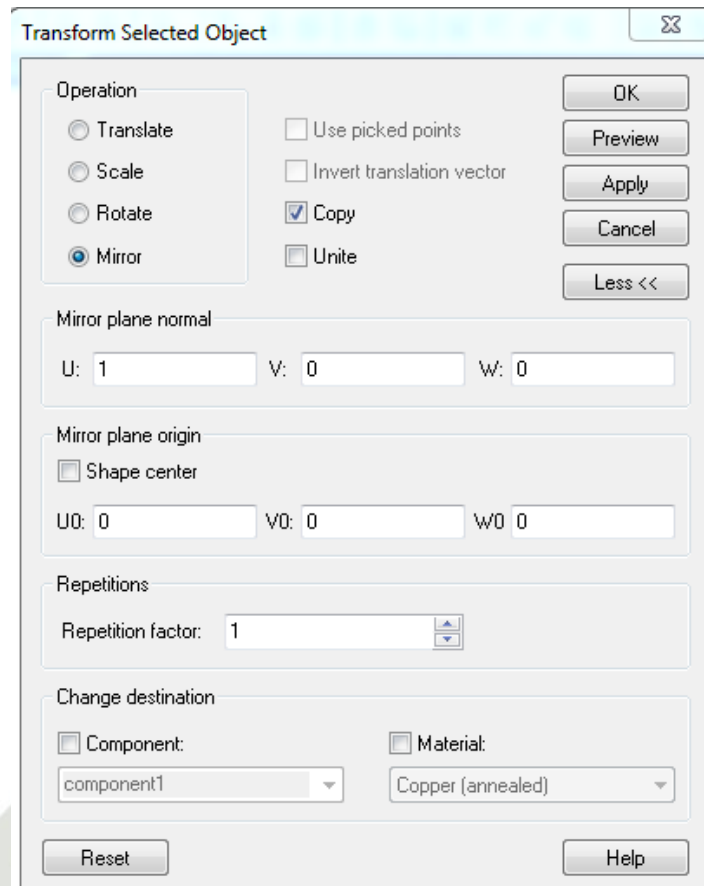


Gambar A.37. titik *Midpoint*

- d. Lalu pilih menu **WCS** dan pilih **Align WCS**.
- e. Selanjutnya pada **Navigation Tree > Components > component1 > klik Patch**.
- f. Lalu pilih menu **Objects** dan pilih **Transform....**
- g. Isi sesuai dengan gambar A.38. di bawah ini, dan pilih OK.

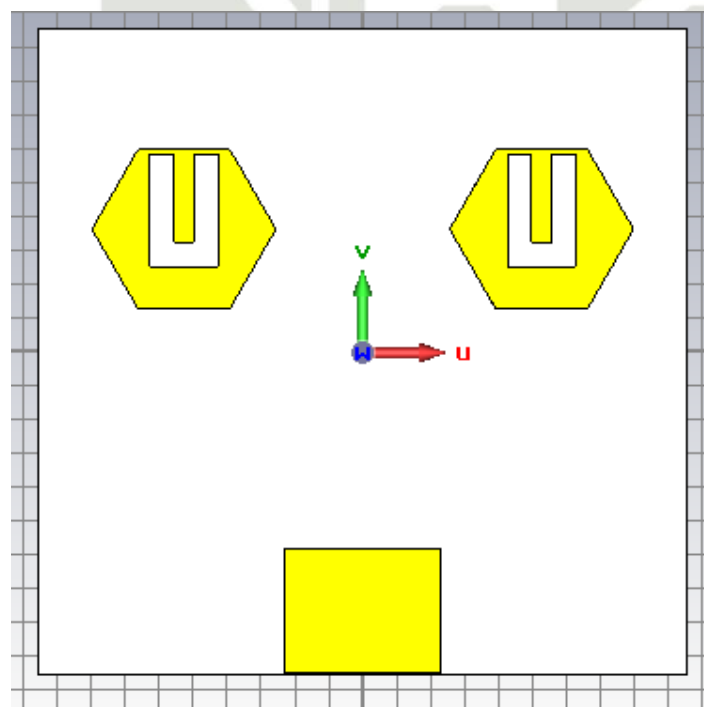
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar A.38. Dialog box Transform

Lalu akan muncul seperti gambar A.39. di bawah ini.



Gambar A.39. Setelah penambahan patch2 sebelah kanan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN B

MERANCANG ANTENA MIKROSTRIP *ARRAY* BERBENTUK *PATCH* SEGI ENAM DENGAN U-SLOT UNTUK APLIKASI MIMO 4X4

Pada lampiran B ini akan dijelaskan bagaimana merancang antena mikrostrip *array* berbentuk *patch* segi enam dengan u-slot untuk aplikasi mimo 4×4. Hal yang dilakukan setelah selesai merancang antena mikrostrip *array* berbentuk *patch* segi enam dengan U-slot adalah menjadikan antena tersebut menjadi 4 buah. Sebelum dijelaskan bagaimana cara merancangnya perlu diketahui bahwa lebar antena (W_g) adalah 19 mm, nah apabila ingin dibuat MIMO 4x4 jadi total panjang antena adalah $19 \times 4 = 76$ mm. Jadi di antara tiap antena akan ditambah bagian *background*, substrat1 dan substrat2 masing-masing 3 mm agar total panjang antena sama dengan jurnal yang di rujuk. Adapun langkah-langkah untuk merancang antenanya adalah sebagai berikut.

1. Langkah pertama kita akan membuat penambah antena yang 3 mm bagian *groundplane* tadi dengan cara, pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar B.1. di bawah, lalu pilih OK.

Name : gap *groundplane*

Umin : $w_g/2$

Umax : $w_g/2+3$

Vmin : $-l_g/2$

Vmax : $l_g/2$

Wmin : -hs

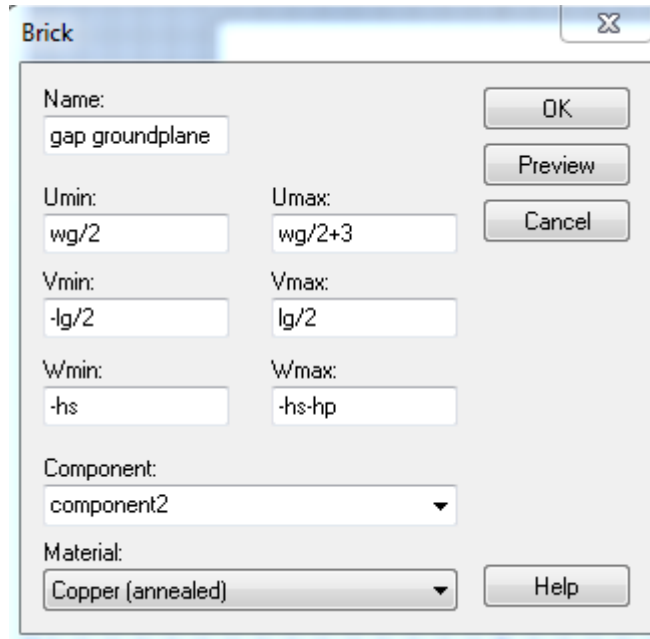
Wmax : -hs-hp

Component : component2

Material : Copper [annealed]

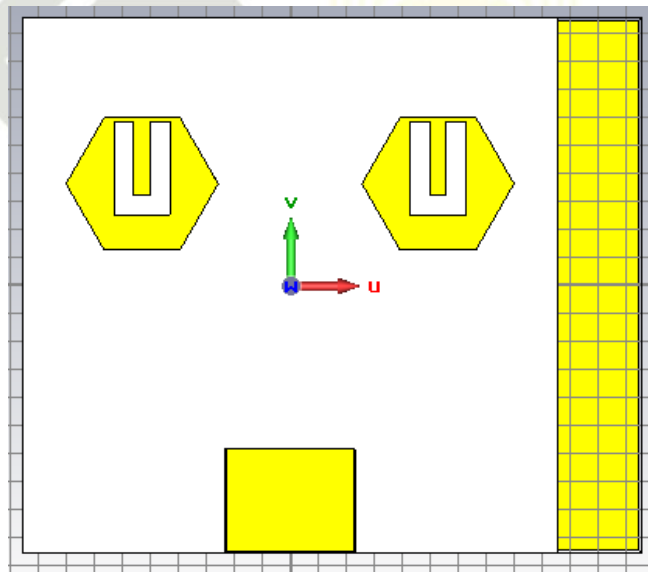
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar B.1. Dialog box gap groundplane

Lalu akan muncul seperti gambar B.2. di bawah ini.



Gambar B.2. Setelah penambahan gap groundplane

2. Langkah selanjutnya adalah membuat penambah antenna yang 3 mm bagian substrat 1 dengan cara, pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi dialog box nya seperti gambar B.3. di bawah, lalu pilih OK.

Name : gap sub1

Umin : wg/2

Umax : wg/2+3

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$V_{min} : -lg/2$

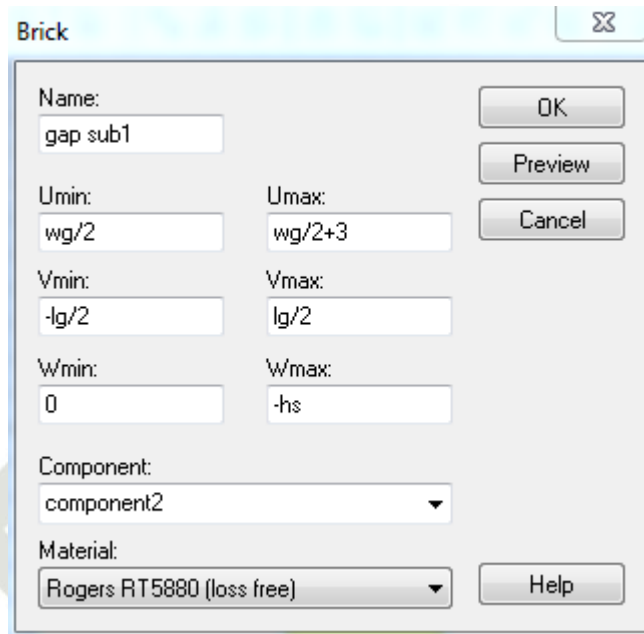
$V_{max} : lg/2$

$W_{min} : 0$

$W_{max} : -hs$

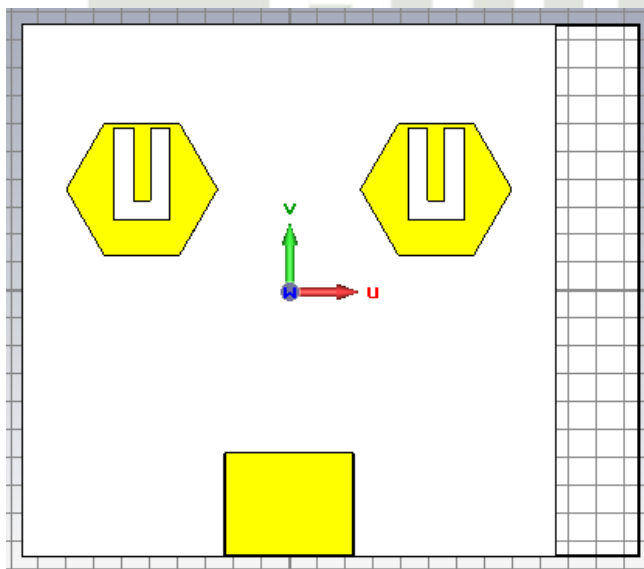
Component : component2

Material : Rogers RT5880 (loss free)



Gambar B.3. Dialog box gap substrat 1

Lalu akan muncul seperti gambar B.4. di bawah ini.



Gambar B.4. Setelah penambahan gap substrat 1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Langkah selanjutnya adalah membuat penambah antenna yang 3 mm bagian substrat 2 dengan cara, pilih menu **Objects > Basic Shapes > Brick...**, lalu isi *dialog box* nya seperti gambar B.5. di bawah, lalu pilih OK.

Name : gap sub2

Umin : wg/2

Umax : wg/2+3

Vmin : -lg/2

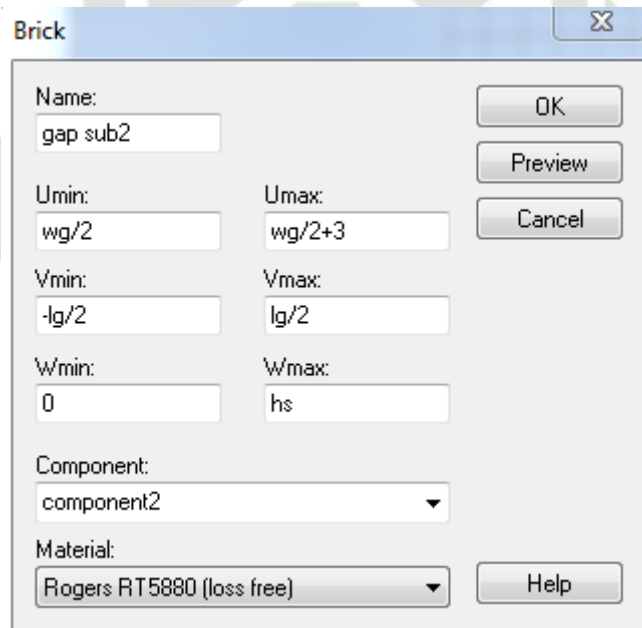
Vmax : lg/2

Wmin : 0

Wmax : hs

Component : component2

Material : Rogers RT5880 (loss free)

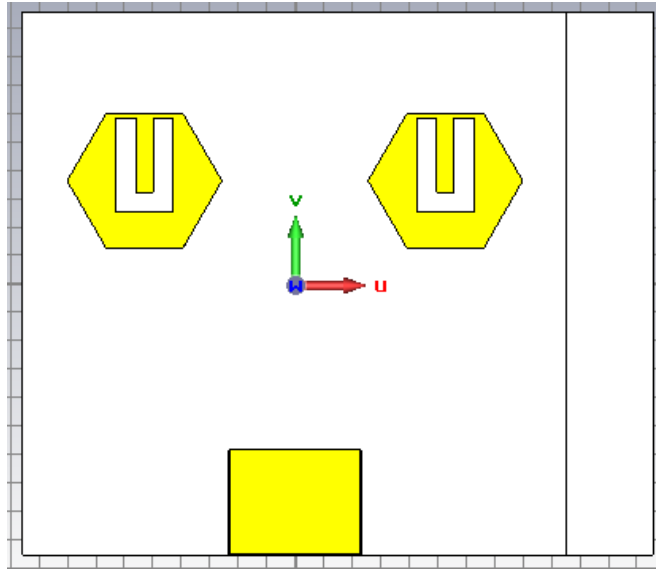


Gambar B.5. Dialog box gap substrat 2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

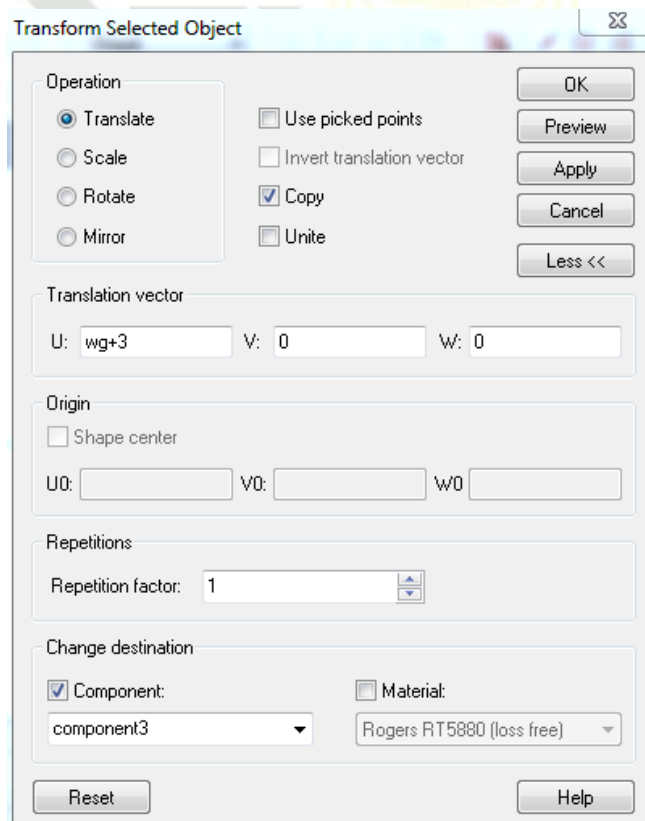
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar B.6. di bawah ini.



Gambar B.6. Setelah penambahan gap substrat 2

4. Langkah selanjutnya adalah membuat antenna yang kedua yaitu dengan menyalin antenna yang sudah ada pada *Navigation Tree > Components > klik component1*. Lalu pilih menu *Objects* dan pilih *Transform...* lalu isi sesuai dengan gambar B.7. di bawah ini dan pilih OK.

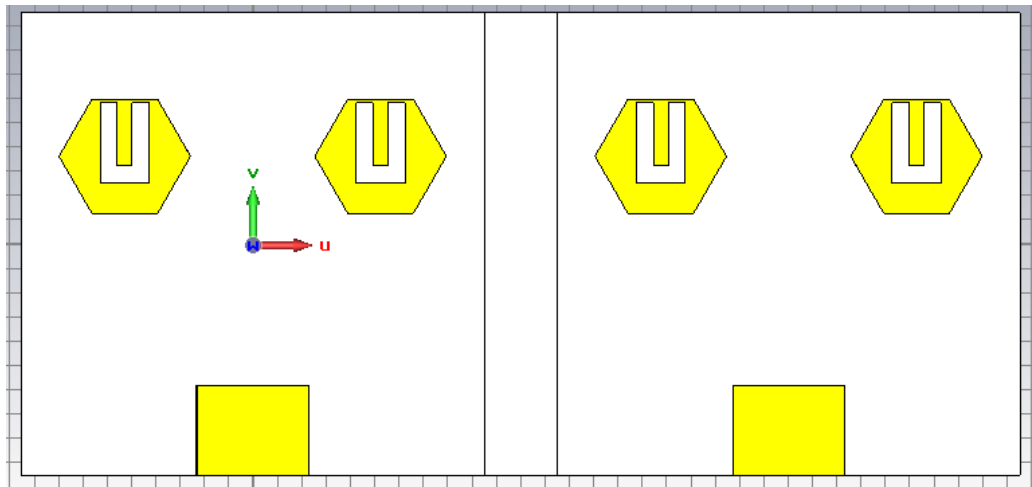


Gambar B.7. Dialog box Transform antenna 2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

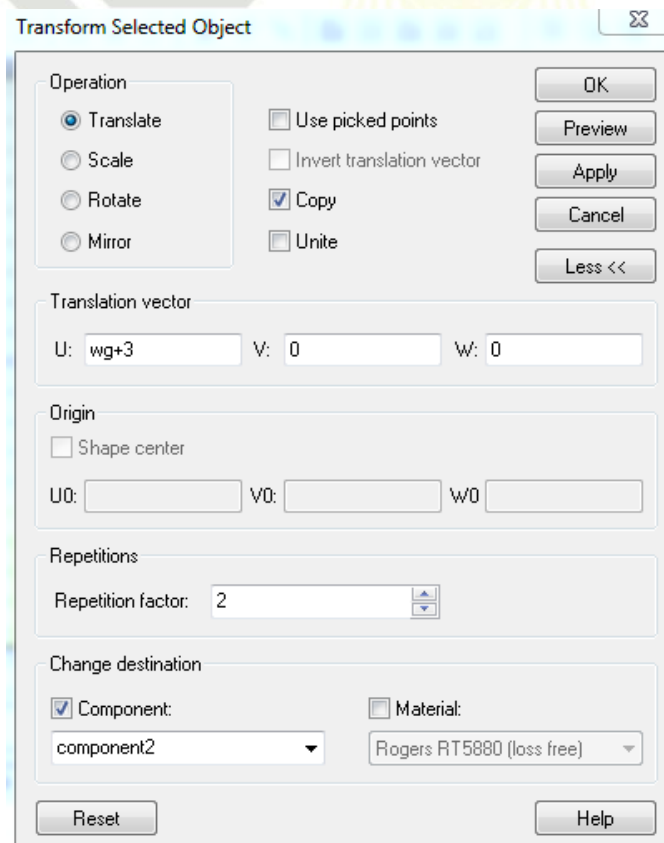
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar B.8. di bawah ini.



Gambar B.8. Setelah *Transform* antenna 2

5. Langkah selanjutnya adalah membuat *gap* untuk antenna yang kedua dan ketiga sekaligus agar mempercepat prosesnya yaitu dengan menyalin *gap* yang sudah ada pada *Navigation Tree* > *Components* > **klik component2**. Lalu pilih menu **Objects** dan pilih **Transform...** lalu isi sesuai dengan gambar B.9. di bawah ini dan pilih OK.

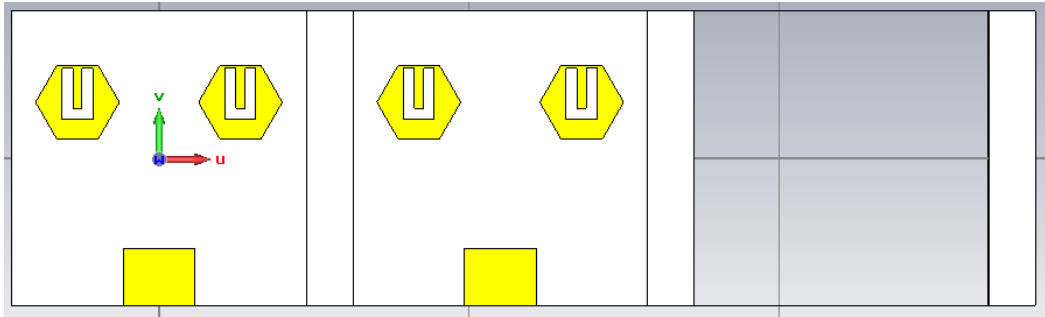


Gambar B.9. *Dialog box Transform gap*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

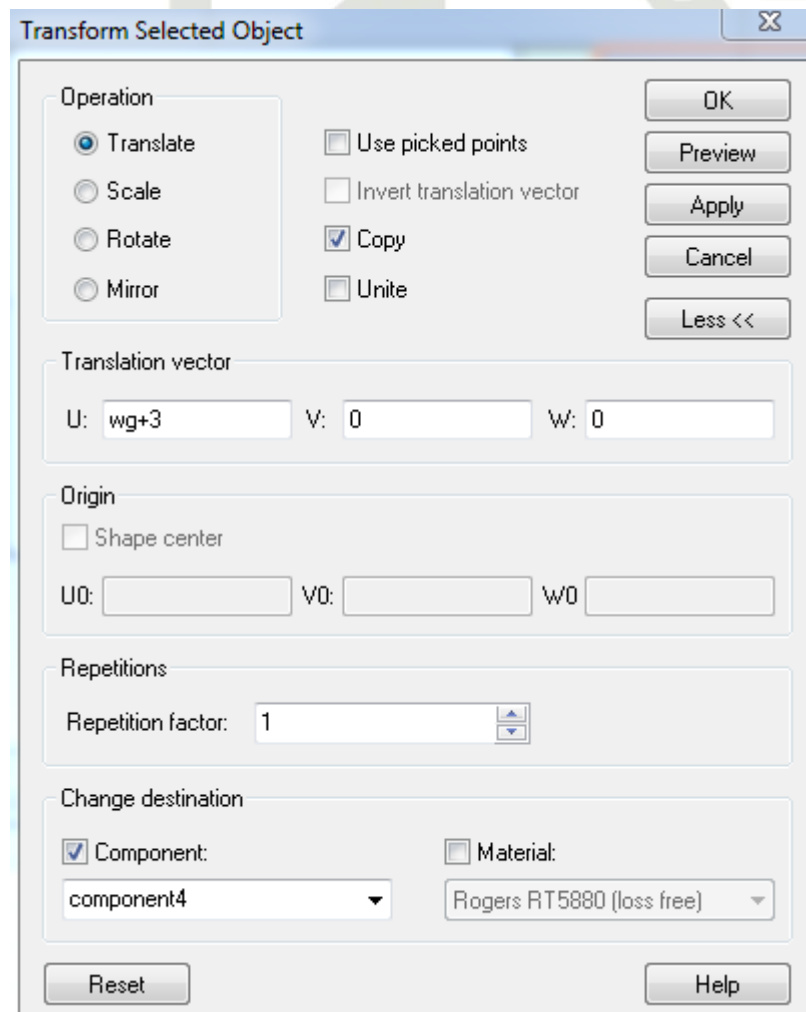
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar B.10. di bawah ini.



Gambar B.10. Setelah *Transform gap*

6. Langkah selanjutnya adalah membuat antenna yang ketiga yaitu dengan menyalin antenna yang sudah ada pada *Navigation Tree > Components > klik component3*. Lalu pilih menu *Objects* dan pilih *Transform...* lalu isi sesuai dengan gambar B.11. di bawah ini dan pilih OK.

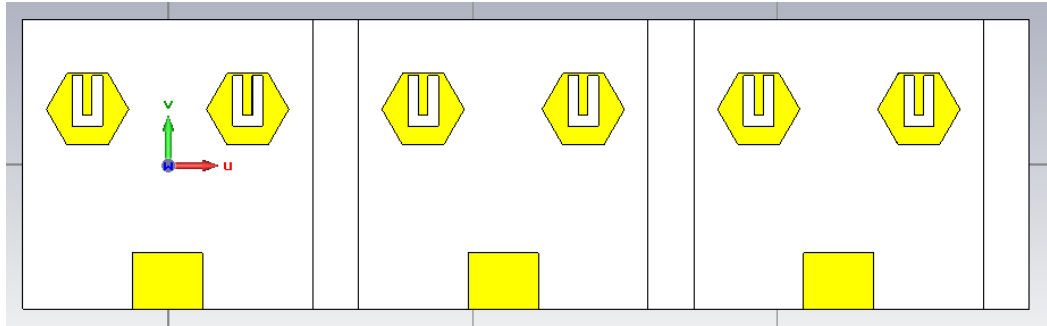


Gambar B.11. *Dialog box Transform antenna 3*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

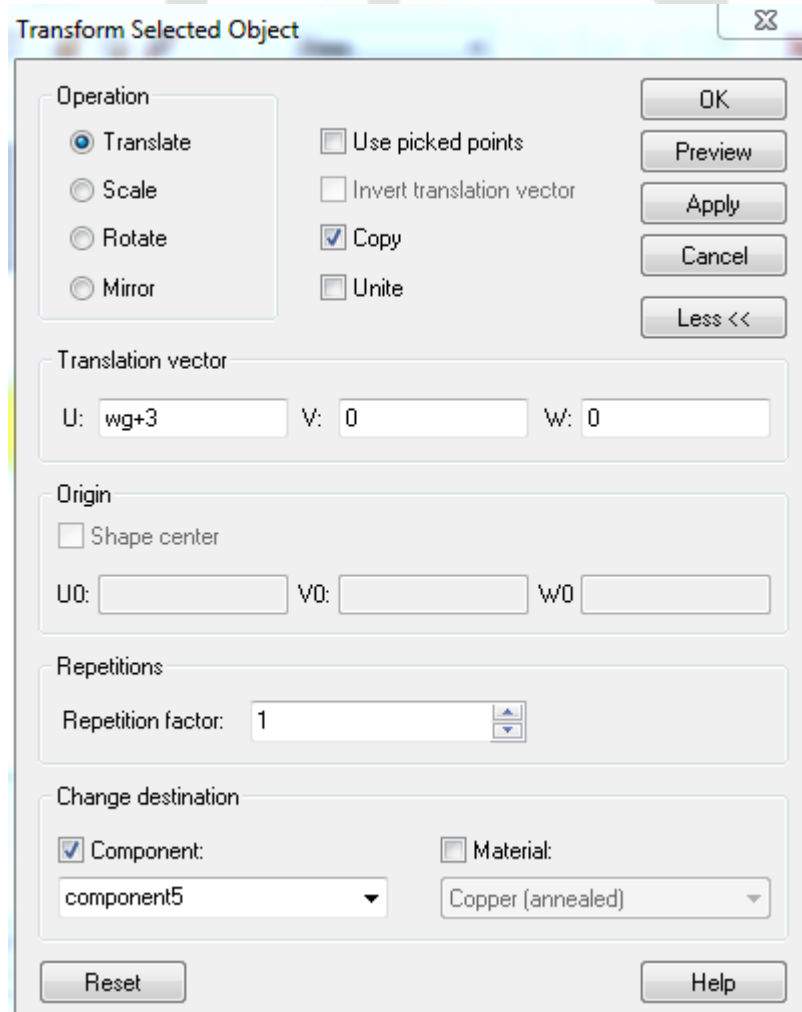
1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar B.12. di bawah ini.



Gambar B.12. Setelah *Transform* antenna 3

7. Langkah selanjutnya adalah membuat antenna yang keempat yaitu dengan menyalin antenna yang sudah ada pada *Navigation Tree* > *Components* > klik *component4*. Lalu pilih menu *Objects* dan pilih *Transform...* lalu isi sesuai dengan gambar B.13. di bawah ini dan pilih OK.

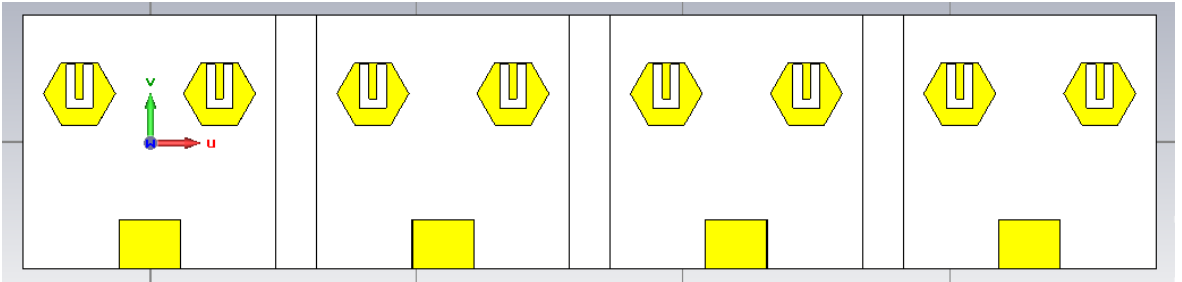


Gambar B.13. *Dialog box Transform* antenna 4

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lalu akan muncul seperti gambar B.14. di bawah ini.



Gambar B.14. Setelah *Transform* antenna 4



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

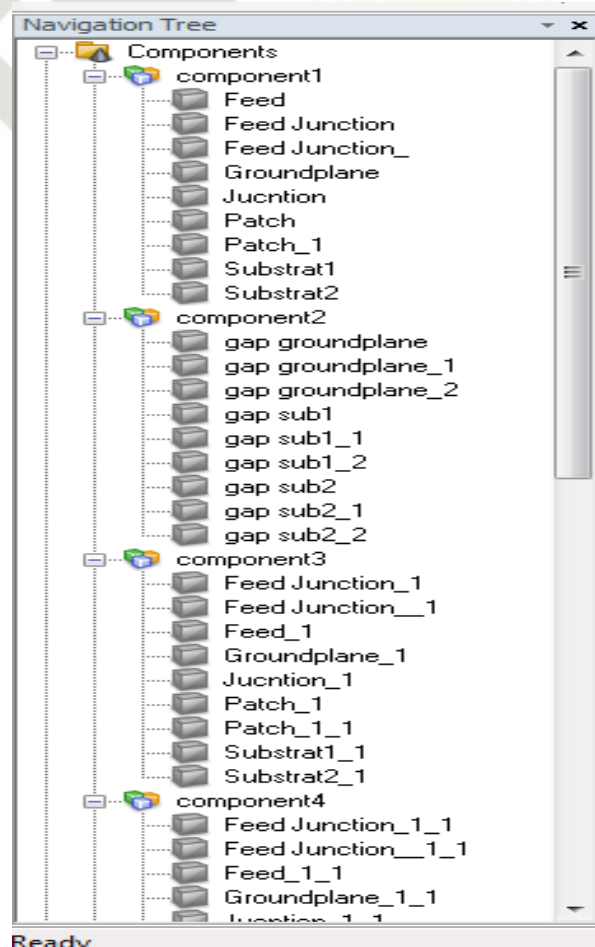
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN C

SIMULASI RANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP ARRAY BERBENTUK *PATCH* SEGI ENAM DENGAN U-SLOT UNTUK APLIKASI MIMO 4X4 PADA FREKUENSI 15 GHZ

Pada lampiran C ini akan dijelaskan tahapan mensimulasi dan menampilkan hasil simulasi antena mikrostrip *array* berbentuk *patch* segi enam dengan U-slot untuk aplikasi MIMO 4x4 pada frekuensi 15 GHz. Simulasi ini menggunakan *software* CST Microwave Studio 2010 dan simulasi dilakukan berulang kali. Adapun tahapan proses simulasi nya adalah sebagai berikut.

1. Langkah awal yang dilakukan adalah menyatukan komponen-komponen antena yang dibuat dari awal menjadi satu dengan cara, pertama buka **component1** – **component 5** yang ada pada *Navigation Tree* seperti gambar C.1.



Gambar C.1. *Navigation Tree*

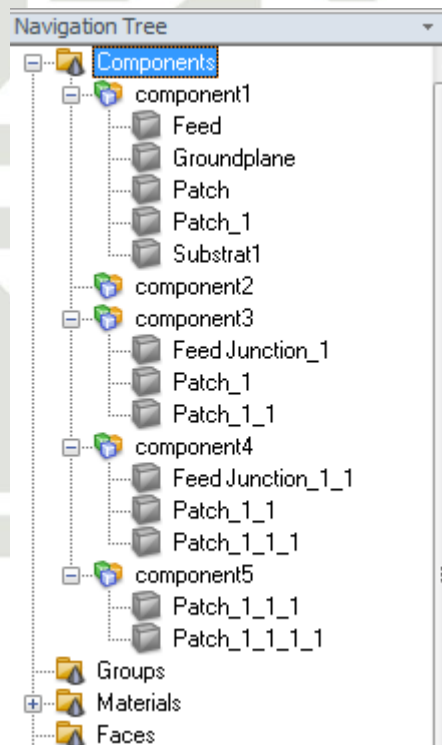
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pertama kita akan satukan bagian *groundplane* nya dengan cara tahan “**Ctrl**” pada *keyboard* lalu klik:

- *Groundplane* pada *component1*
- *gap groundplane, gap groundplane_1, gap groundplane_2* pada *component2*
- *Groundplane_1* pada *component3*
- *Groundplane_1_1* pada *component4*
- *Groundplane_1_1_1* pada *component5*
- Pada menu **Objects > Boolean > Add**

Lakukan seperti langkah diatas juga untuk menggabungkan bagian *substrat1, feeder-junction-feed junction* (kiri dan kanan), dan *substrat 2*. Lalu setelah itu gabungkan juga *substrat1* dan *substrat 2* nya, hingga nanti akan tersisa seperti gambar C.2. di bawah ini.

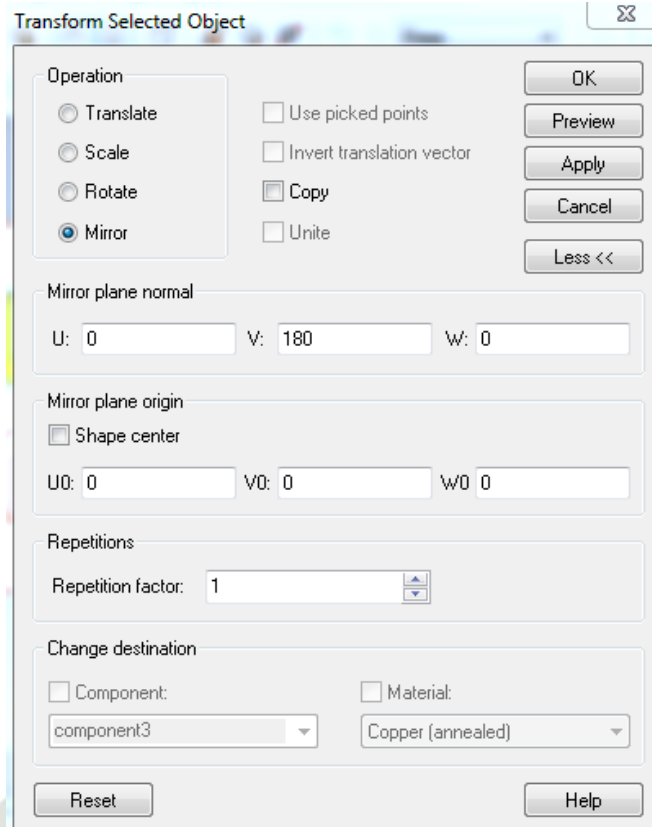


Gambar C.2. *Navigation Tree* setelah beberapa *component* digabung

2. Langkah selanjutnya adalah memutar arah antenna kedua dan keempat sebesar 180° dengan cara tahan “**Ctrl**” pada *keyboard* lalu pada **Navigation Tree > klik component3 dan component5**. Lalu pilih menu **Objects** dan pilih **Transform...** lalu isi sesuai dengan gambar C.3. di bawah ini dan pilih OK.

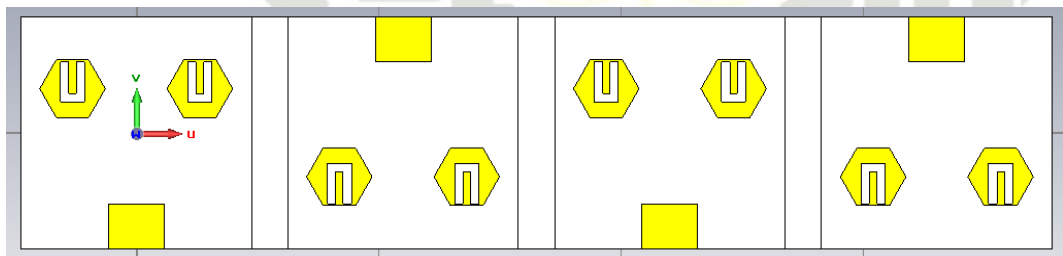
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar C.3. Dialog box Transform antenna 2 dan 4

Lalu antenna akan jadi seperti gambar C.4. di bawah ini.

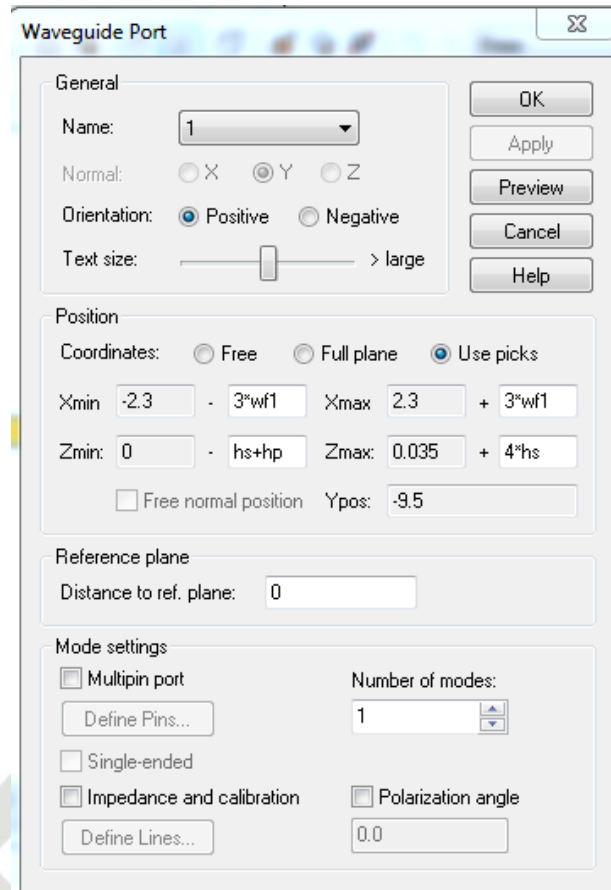


Gambar C.4. Setelah antenna 2 dan 4 di putar 180°

3. Langkah selanjutnya adalah pemberian *port* pada keempat *feeder* antenna, pertama kita harus menampilkan bawah *feeder* dengan cara pada menu **View > Predefined Views > Bottom (top untuk menampilkan atas feeder 2 dan 4)**. Kemudian pilih menu **Objects > Pick > Pick Face > double klik ke bawah feeder > Solve > Waveguide Ports...>** lalu isi *dialog box* nya seperti gambar C.5. di bawah ini dan pilih OK.

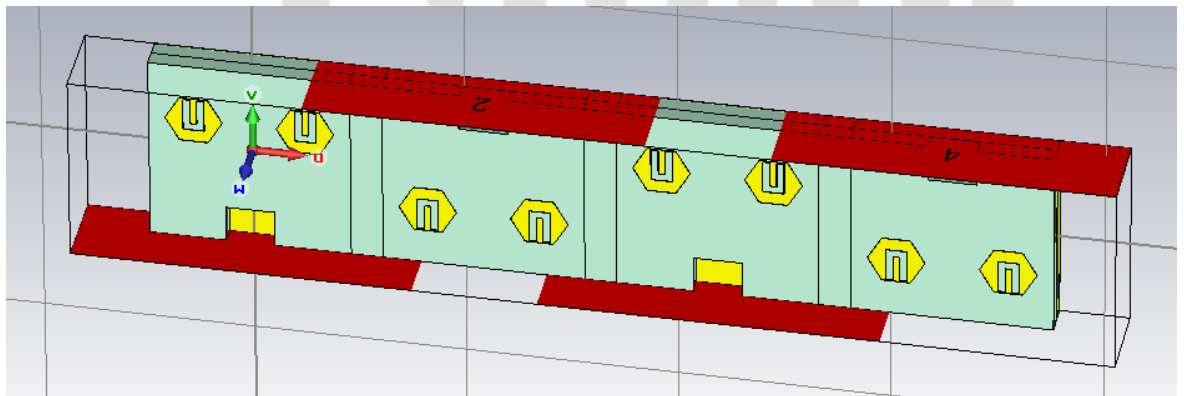
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar C.5. Dialog box ports

Lakukan keseluruhan *feeder* sehingga nanti akan jadi seperti gambar C.6. di bawah ini.

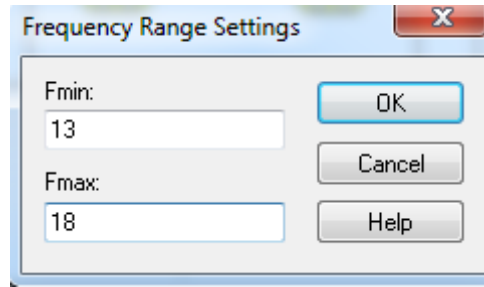


Gambar C.6. Antena setelah di beri ports

4. Langkah selanjutnya adalah memberikan rentang frekuensi untuk ditampilkan di hasil simulasi dengan cara pilih **Solve > Frequency** > masukkan nilai frekuensi (GHz) seperti gambar C.7. di bawah ini dan pilih OK.

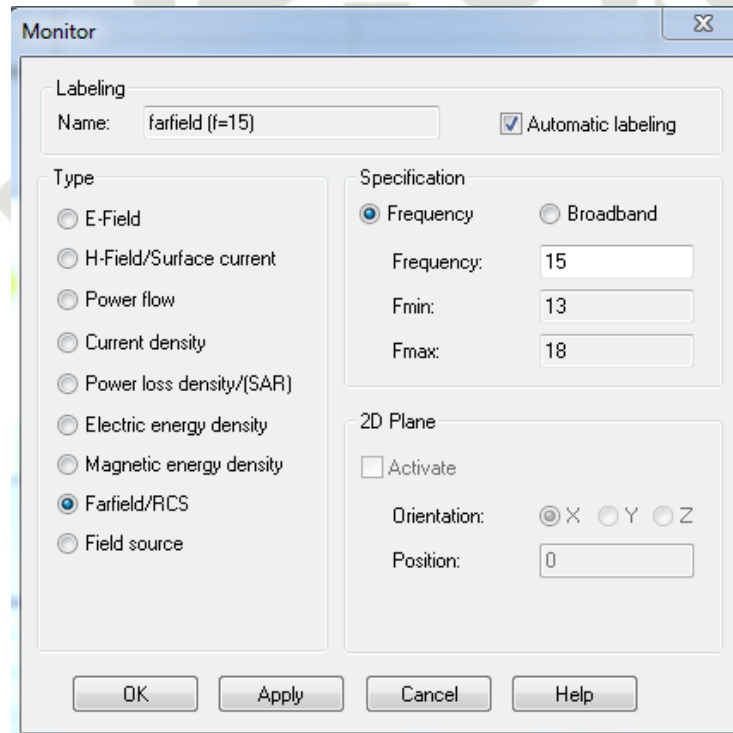
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar C.7. Rentang frekuensi

5. Kemudian pilih **Solve > Field Monitor...** > lalu pilih **Farfield/RCS** > **OK** seperti pada gambar C.8. Berikut ini untuk memilih parameter uji yang akan disimulasikan seperti untuk parameter pola radiasi pada antenna pilih **Farfield/RCS**. Dan pada *Frequency* merupakan frekuensi kerja yang kita inginkan.



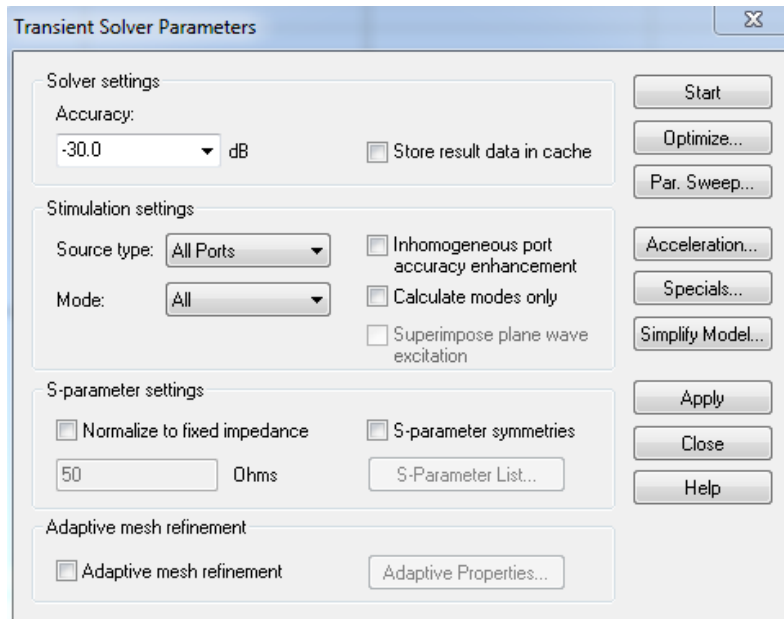
Gambar C.8. Pengaturan *field monitor*

6. Kemudian simpan data rancangan dengan cara pilih **File > Save** > pilih tempat yang diinginkan > **OK**.
7. Kemudian untuk proses simulasi data, pilih menu **Solve > Transient Solver > Transient Solver Parameters** lalu tekan **Start** seperti pada gambar C.9. di bawah ini. Kemudian tunggu hingga proses simulasi selesai. Dan analisa hasil simulasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

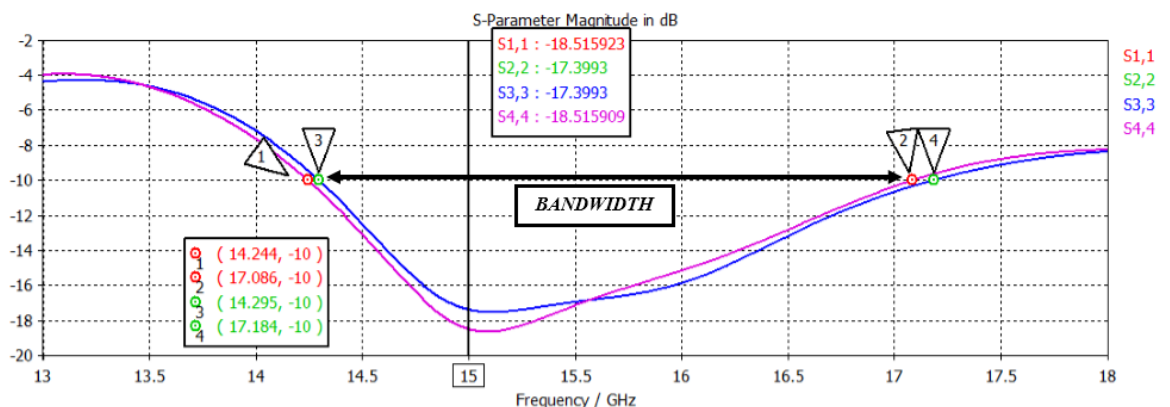
dengan melihat parameter-parameter yang akan diujikan atau diketahui seperti koefisien refleksi, *gain*, *bandwidth*, dan pola radiasi.



Gambar C.9. Dialog box Transient Solver Parameters

Hasil simulasi rancangan dapat diketahui melalui langkah-langkah berikut ini.

1. Setelah proses simulasi data dengan CST *Microwave Studio* 2010 selesai, untuk melihat hasilnya pada CST *Microwave Studio* 2010 yaitu dengan cara pada *Navigation Tree* > pilih **1D Result** > **ISI dB** > **S1,1(antena 1)**, **S2,2(antena 2)**, **S3,3(antena 3)**, **S4,4(antena 4)**. Untuk mengetahui nilai parameter *bandwidth* yang dihasilkan dari simulasi data tersebut dapat dilihat pada gambar C.10. di bawah ini.



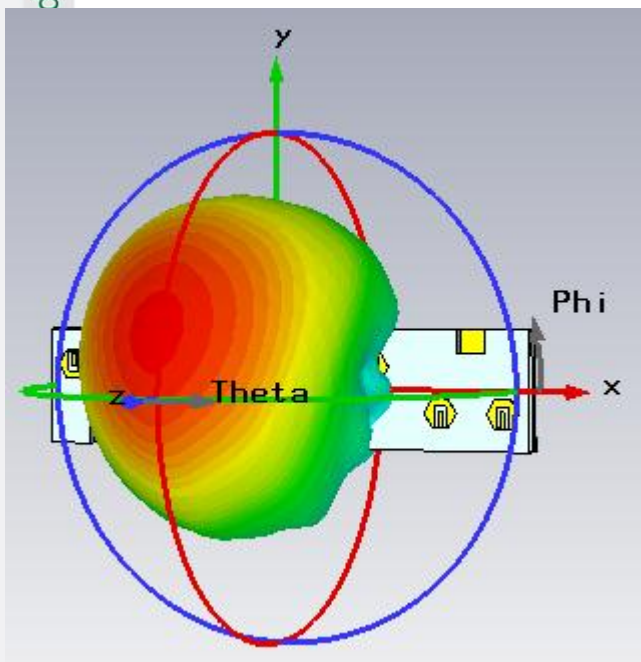
Gambar C.10. S1,1 antenna

© Hak cipta

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Type	Farfield
Approximation	enabled (kR >> 1)
Monitor	farfield (f=15) [1]
Component	Abs
Output	Gain
Frequency	15
Rad. effic.	-1.089 dB
Tot. effic.	-1.155 dB
Gain	9.118 dB

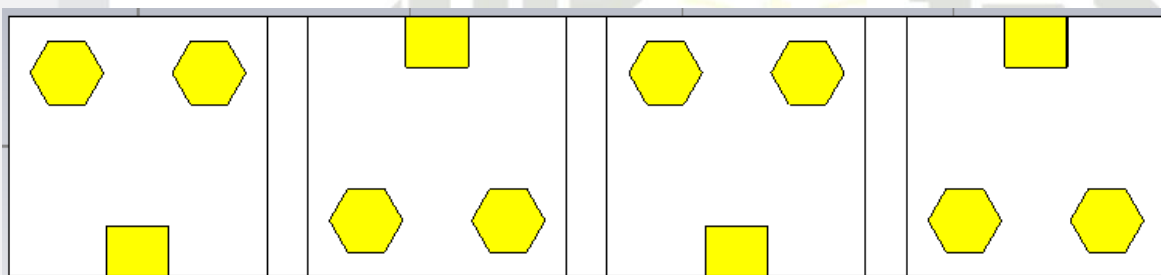
Gambar C.11. Pola radiasi dan *gain* antenna

LAMPIRAN D

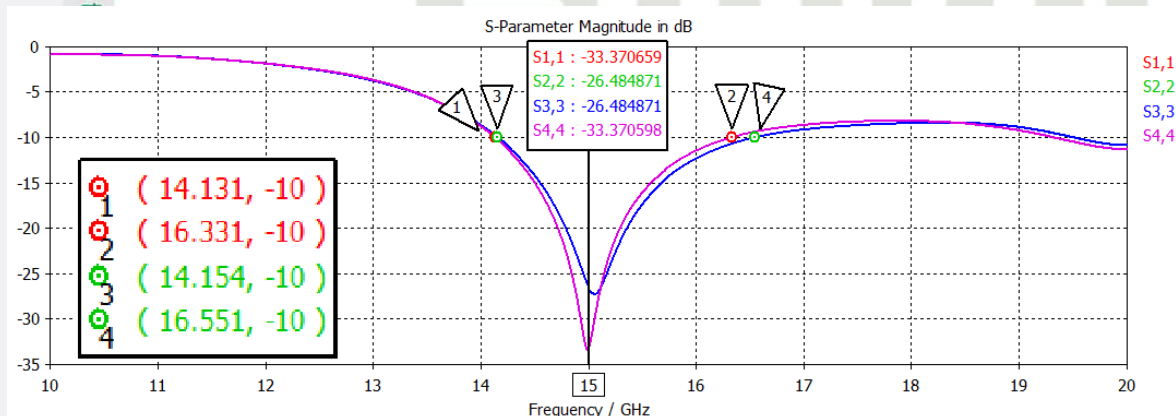
BEBERAPA HASIL PERCOBAAN PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP ARRAY BERBENTUK *PATCH* SEGI ENAM UNTUK APLIKASI MIMO 4X4 PADA FREKUENSI 15 GHZ (PAKAI SLOT DAN TIDAK PAKAI SLOT)

Pada lampiran D ini akan dijelaskan hasil dari beberapa percobaan dalam perancangan antenna mikrostrip *array* berbentuk *patch* segi enam dengan U-slot untuk aplikasi MIMO 4x4 pada frekuensi 15 GHz sebelum akhirnya memilih antenna yang memenuhi tujuan antenna yang ingin dicapai.

1. Hasil perancangan dan simulasi antenna tanpa menggunakan slot.



Gambar D.1. Antena tanpa slot



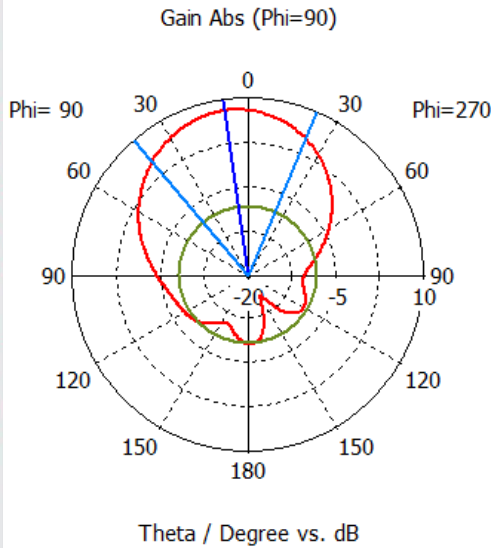
Gambar D.2. Koefisien refleksi antenna tanpa slot

Dari gambar D.2 diatas dapat dilihat nilai $S_{1,1}$ adalah -33,370659, $S_{2,2}$ adalah -26,484871, $S_{3,3}$ adalah -26,484871 dan $S_{4,4}$ adalah -33,370598. *Return loss* dibawah ≤ -10 dB antenna 1 dan 4 identik begitu juga dengan antenna 2 dan 3. *Bandwidth* antenna 1 dan 4

adalah 2,2 GHz dengan rentang frekuensi dari 14,131 GHz sampai 16,331 GHz sedangkan *bandwidth* antena 2 dan 3 adalah 2,397 GHz dengan rentang frekuensi dari 14.154 GHz sampai 16.551 GHz.

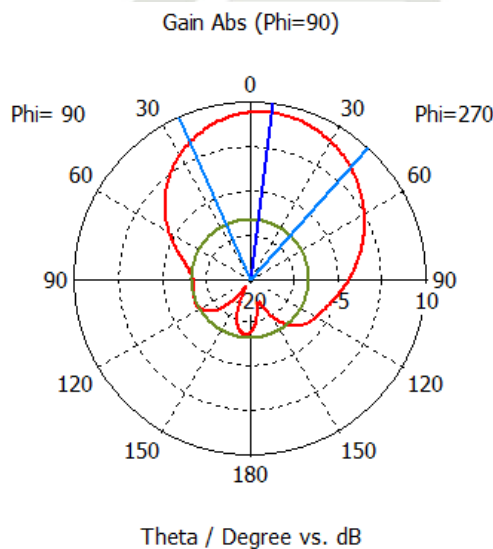
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.2 dB
 Main lobe direction = 8.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 63.1 deg.
 Side lobe level = -16.5 dB

a. Antena 1

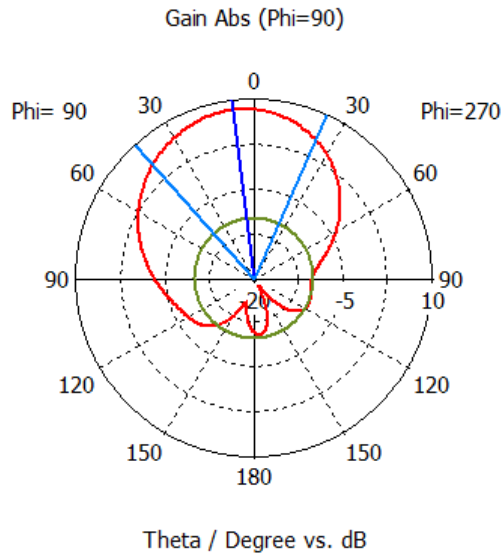


Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.5 dB
 Main lobe direction = 7.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 65.7 deg.
 Side lobe level = -18.4 dB

b. Antena 2

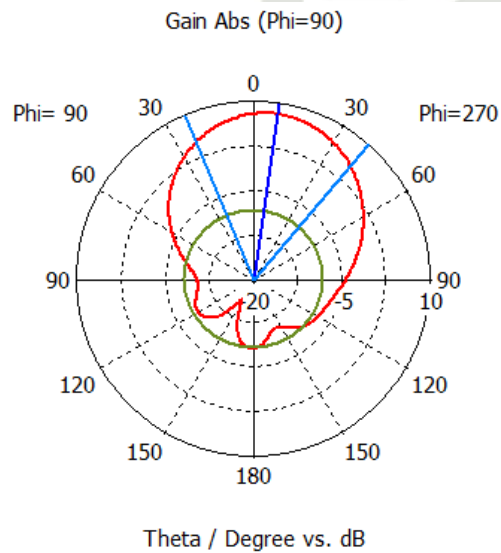
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.5 dB
 Main lobe direction = 7.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 65.7 deg.
 Side lobe level = -18.4 dB

c. Antena 3



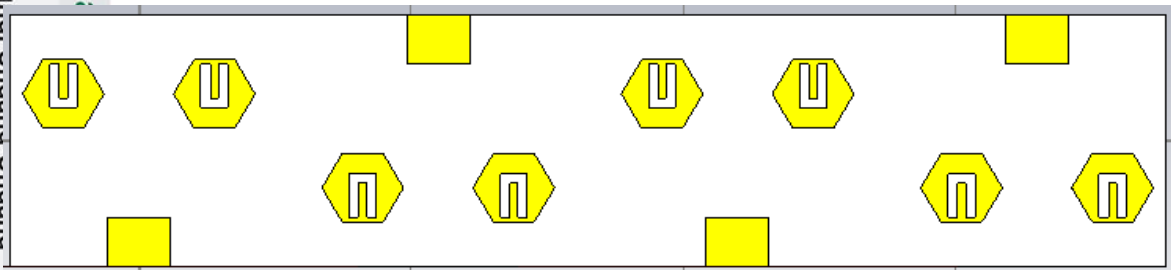
Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.2 dB
 Main lobe direction = 8.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 63.1 deg.
 Side lobe level = -16.5 dB

d. Antena 4

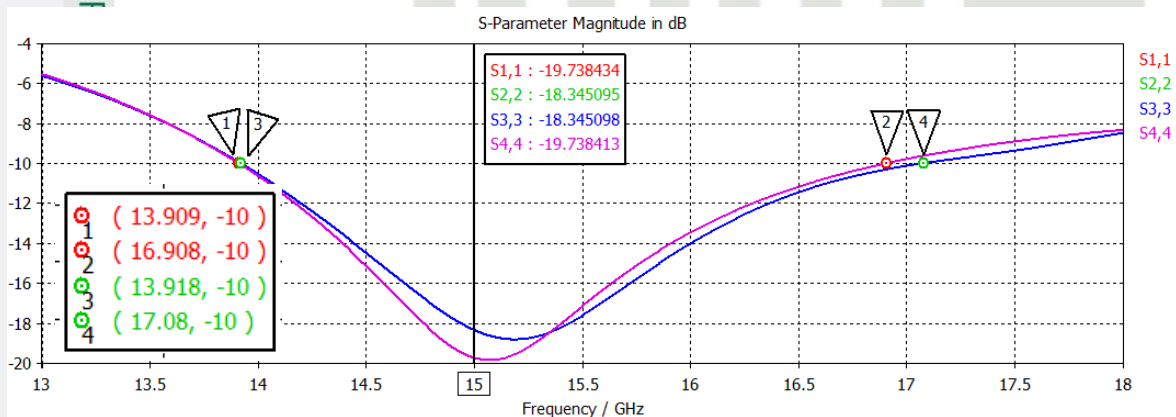
Gambar D.3. Pola radiasi antena: a. Antena, 1 b. Antena 2, c. Antena 3, d. Antena 4

Dari gambar D.3 diatas antenna 1 dan 4 memiliki *gain* 8,2 dB, antenna 2 dan 3 memiliki *gain* 8,5 dB dengan arah *directional*.

2. Hasil perancangan dan simulasi antenna menggunakan U-slot pada *patch*



Gambar D.4. Antena dengan U-slot pada *patch*

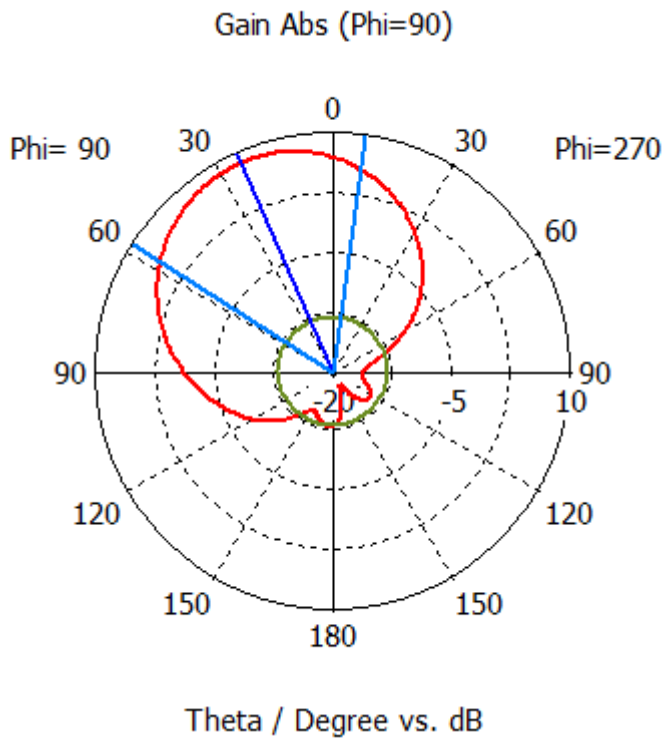


Gambar D.5. Koefisien refleksi antenna dengan U-slot pada *patch*

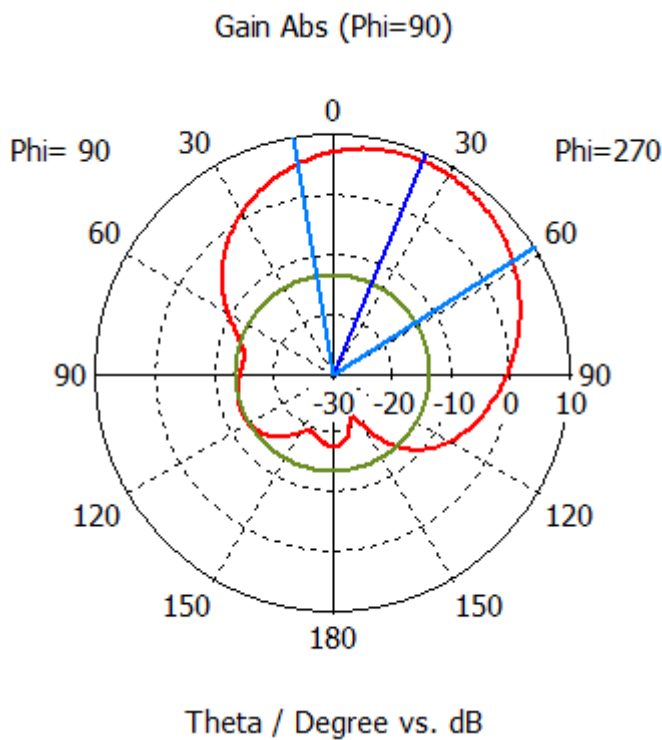
Dari gambar D.5 diatas dapat dilihat nilai S1,1 adalah -19,738434, S2,2 adalah -18,345095, S3,3 adalah -18,345098 dan S4,4 adalah -19,738413. *Return loss* dibawah ≤ -10 dB antenna 1 dan 4 identik begitu juga dengan antenna 2 dan 3. *Bandwidth* antenna 1 dan 4 adalah 2,999 GHz dengan rentang frekuensi dari 13,909 GHz sampai 16,908 GHz sedangkan *bandwidth* antenna 2 dan 3 adalah 3,162 GHz dengan rentang frekuensi dari 13,918 GHz sampai 17,08 GHz.

Hak cipta UINnaungi unang-unaang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



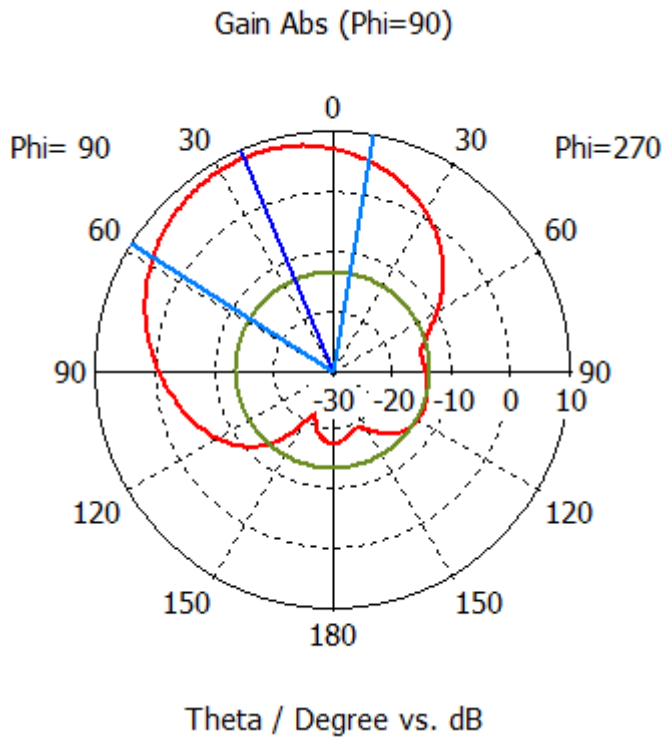
a. Antena 1



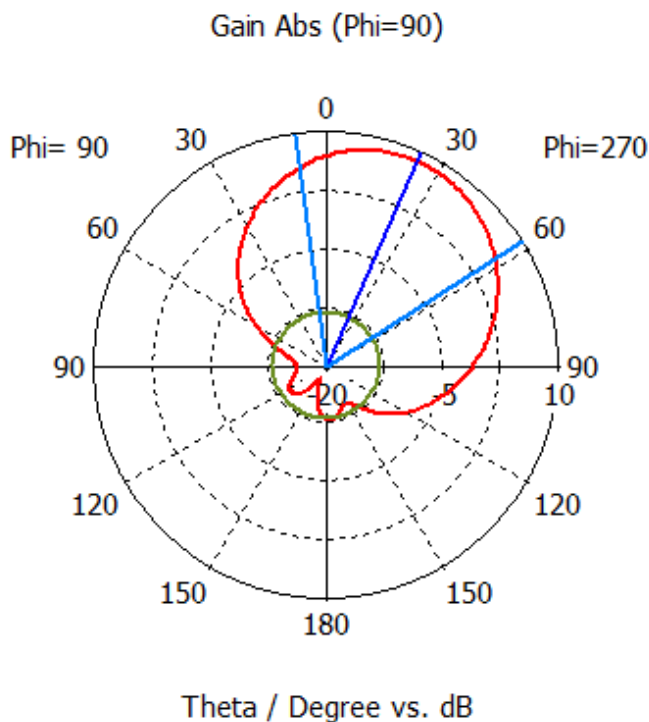
b. Antena 2

Hak cipta UINnaungi Unga-unga

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



c. Antena 3

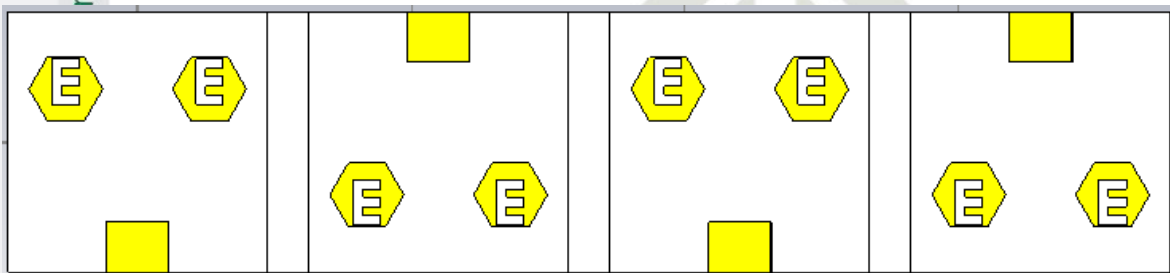


d. Antena 4

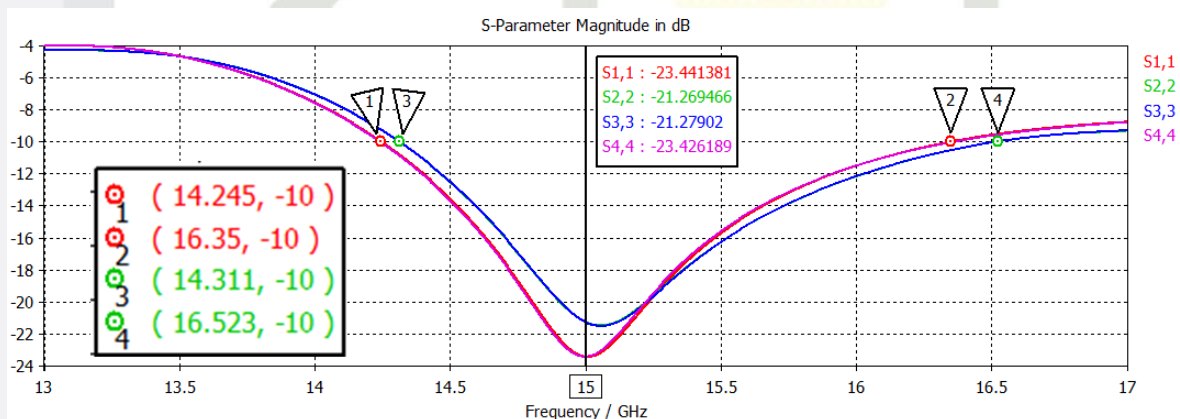
Gambar D.6. Pola radiasi antenna dengan U-slot: a. Antena, 1 b. Antena 2, c. Antena 3, d. Antena 4

Dari gambar D.6 diatas antenna 1,2,3 dan 4 memiliki *gain* yang sama yaitu 8,7 dB dengan arah *directional*. Pada antenna ini dengan ditambah U-slot pada *patch* antenna sebelumnya dapat meningkatkan nilai *bandwidth* antenna sebesar 0,799 GHz pada antenna 1 dan 4 sebesar 0,765 GHz pada antenna 2 dan 3. Nilai *gain* antenna ini juga meningkat menjadi 8,7 dB pada setiap antenna, namun masih belum cukup untuk memenuhi spesifikasi antenna yang ingin dicapai yaitu nilai $gain \geq 9$ dB.

3. Hasil perancangan dan simulasi antenna menggunakan E-slot pada *patch* dan ditambah slot pada *background*



Gambar D.7. Antena dengan E-slot

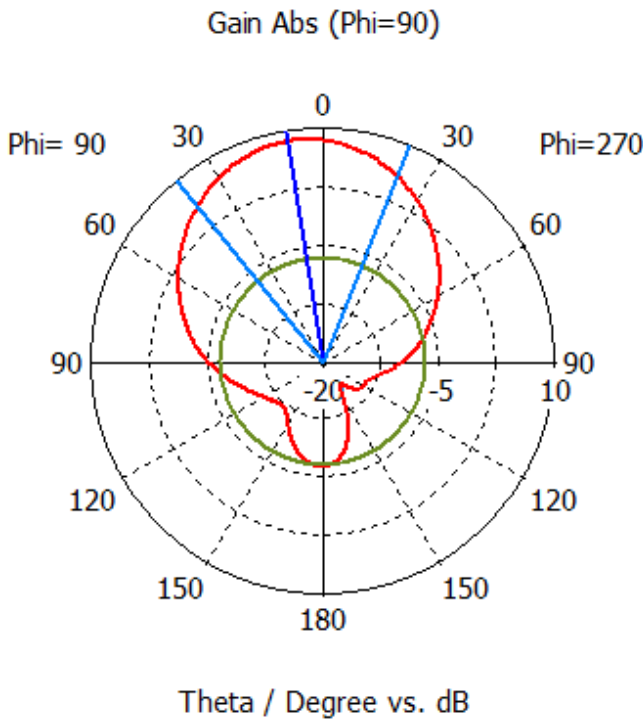


Gambar D.8. Koefisien refleksi antenna dengan E-slot pada *patch* dan ditambah slot pada *background*

Dari gambar D.8 diatas dapat dilihat nilai S1,1 adalah -23,441381, S2,2 adalah -21,269466, S3,3 adalah -21,27902 dan S4,4 adalah -23,426189. *Return loss* dibawah ≤ -10 dB antenna 1 dan 4 identik begitu juga dengan antenna 2 dan 3. *Bandwidth* antenna 1 dan 4 adalah 2,105 GHz dengan rentang frekuensi dari 14,245 GHz sampai 16,35 GHz sedangkan *bandwidth* antenna 2 dan 3 adalah 2,212 GHz dengan rentang frekuensi dari 14,311 GHz sampai 16,523 GHz.

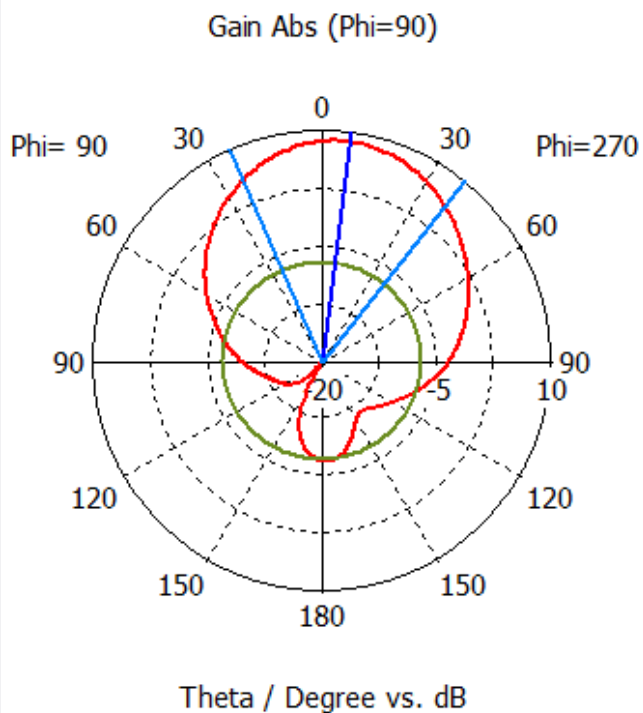
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.8 dB
 Main lobe direction = 9.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 60.7 deg.
 Side lobe level = -15.3 dB

a. Antena 1

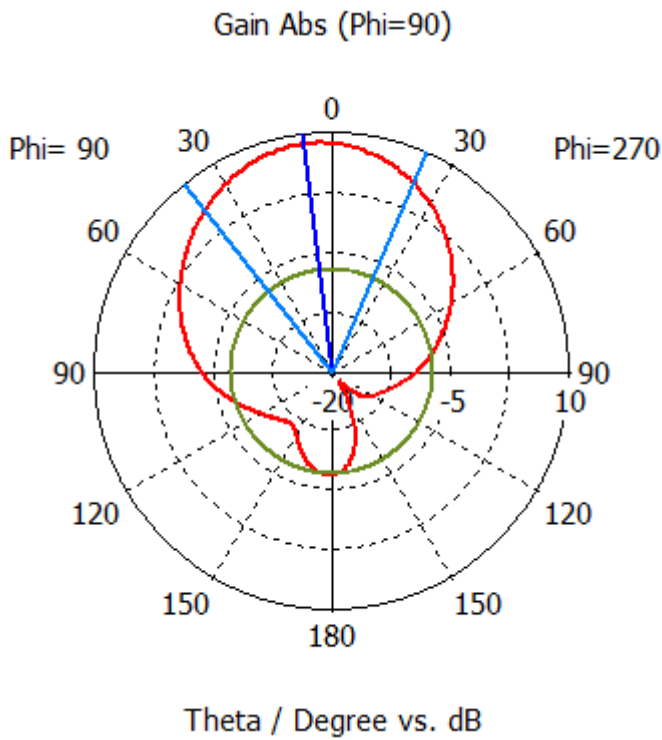


Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.8 dB
 Main lobe direction = 7.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 62.0 deg.
 Side lobe level = -15.8 dB

b. Antena 2

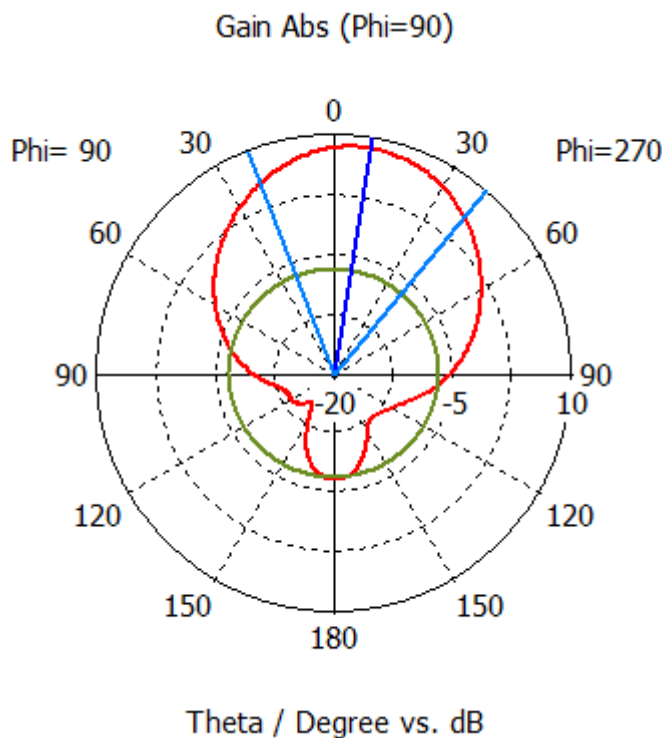
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.9 dB
 Main lobe direction = 7.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 61.9 deg.
 Side lobe level = -15.9 dB

c. Antena 3



Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.7 dB
 Main lobe direction = 9.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 60.9 deg.
 Side lobe level = -15.3 dB

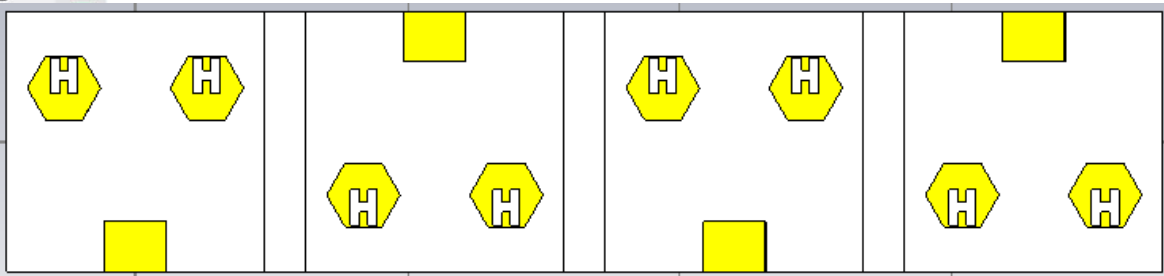
d. Antena 4

Gambar D.9. Pola radiasi antenna dengan E-slot: a. Antena, 1 b. Antena 2, c. Antena 3, d.

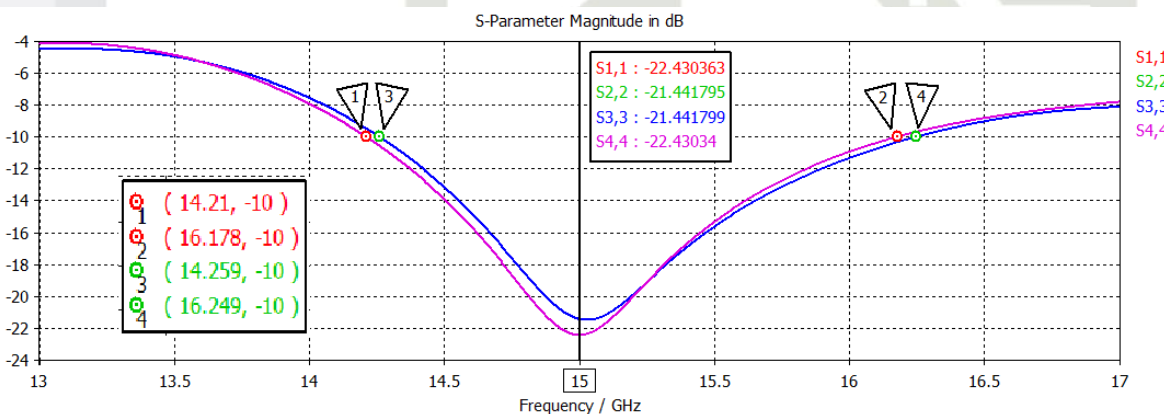
Antena 4

Dari gambar D.9 diatas antenna 1 memiliki *gain* sebesar 8,8 dB, antenna 2 sebesar 8,8 dB, antenna 3 sebesar 8,9 dB dan antenna 4 sebesar 8,7 dB dengan arah pola radiasi *directional*. Dengan begitu antenna juga belum sesuai dengan yang ingin dicapai yaitu nilai *gain* ≥ 9 dB.

4. Hasil perancangan dan simulasi antenna menggunakan H-slot pada *patch* dan ditambah slot pada *background*



Gambar D.10. Antenna dengan H-slot

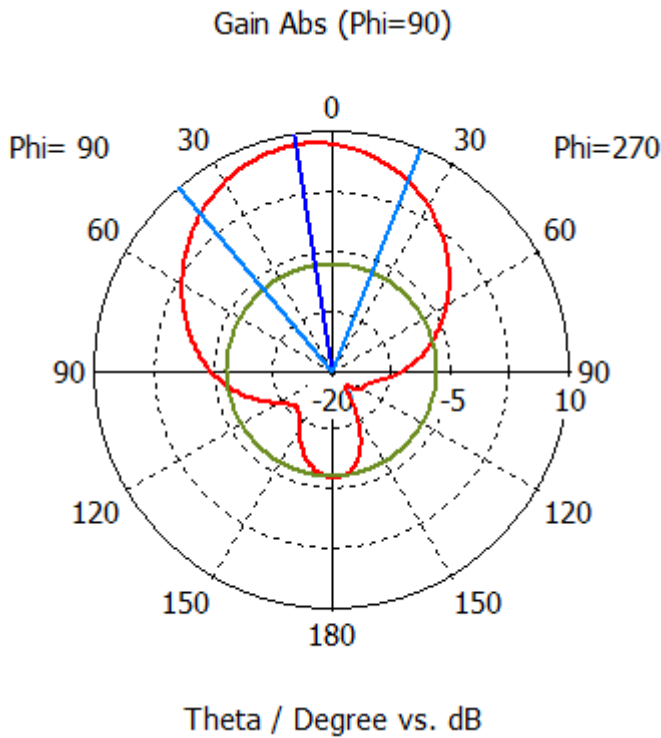


Gambar D.11. Koefisien refleksi antenna dengan H-slot pada *patch* dan ditambah slot pada *background*

Dari gambar D.11 diatas dapat dilihat nilai S1,1 adalah -22,430363, S2,2 adalah -21,441795, S3,3 adalah -21,441799 dan S4,4 adalah -22,43034. *Return loss* dibawah ≤ -10 dB antenna 1 dan 4 identik begitu juga dengan antenna 2 dan 3. *Bandwidth* antenna 1 dan 4 adalah 1,968 GHz dengan rentang frekuensi dari 14,21 GHz sampai 16,178 GHz sedangkan *bandwidth* antenna 2 dan 3 adalah 1,99 GHz dengan rentang frekuensi dari 14,259 GHz sampai 16,249 GHz.

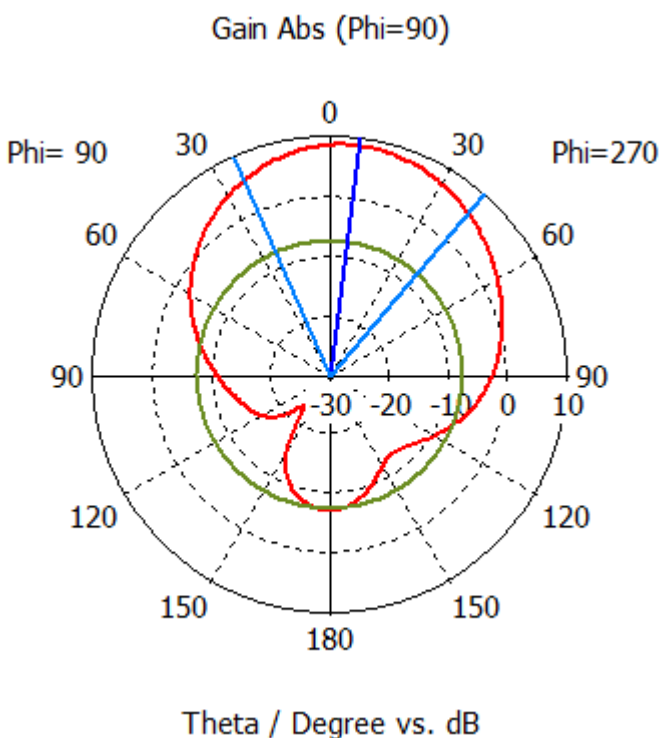
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.7 dB
 Main lobe direction = 9.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 61.6 deg.
 Side lobe level = -15.3 dB

a. Antena 1

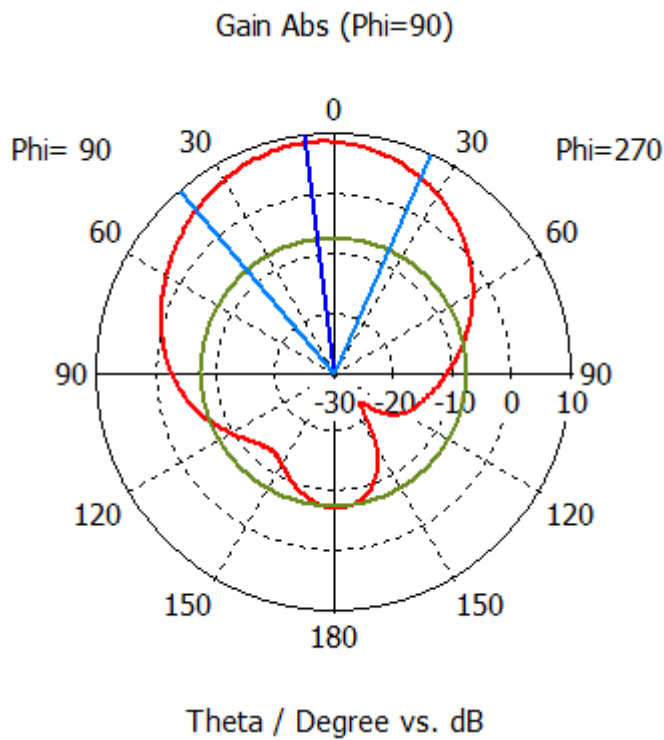


Frequency = 15
 Main lobe magnitude = 8.8 dB
 Main lobe direction = 7.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 63.9 deg.
 Side lobe level = -16.1 dB

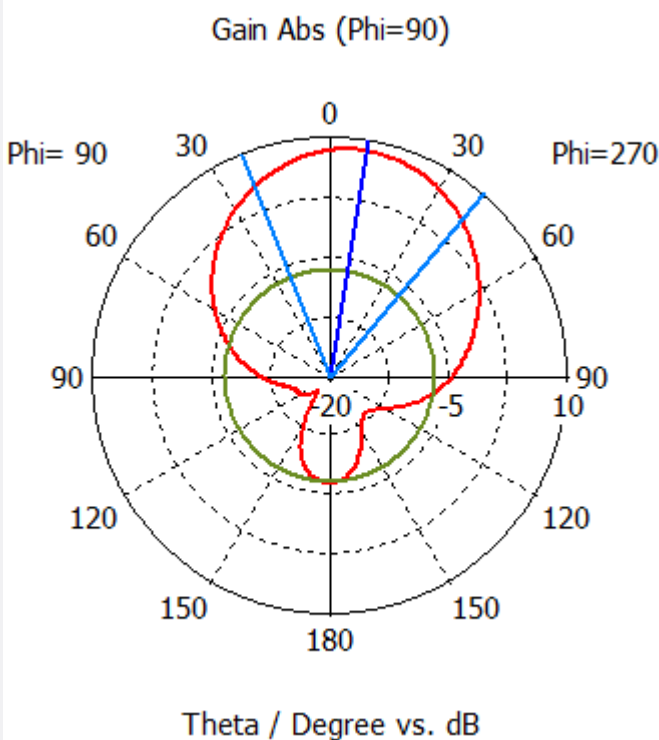
b. Antena 2

Hak cipta UIN Suska Riau

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



c. Antena 3



d. Antena 4

Gambar D.12. Pola radiasi antenna dengan E-slot: a. Antena, 1 b. Antena 2, c. Antena 3, d. Antena 4

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

- Dari gambar D.12 diatas antenna 1 memiliki *gain* sebesar 8,7 dB, antenna 2 sebesar 8,8 dB, antenna 3 sebesar 8,8 dB dan antenna 4 sebesar 8,7 dB dengan arah pola radiasi *directional*. Dengan begitu antenna juga belum sesuai dengan yang ingin dicapai yaitu nilai *gain* ≥ 9 dB
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Asmardi Rasydi yang akrab dipanggil Asmardi, lahir di Duri, 26 Juni 1996. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari bpk Asmin Hasibuan dan ibu Siti Longgom yang beralamat di Jl. Nusantara 1 Kecamatan Mandau Kabupaten Bengkalis, Riau. Penulis dapat dihubungi melalui :

Email : asmardirasidi@gmail.com

HP. : +6282283845178

Pengalaman pendidikan yang pernah ditempuh penulis dimulai dari SD Negeri 43 Mandau pada tahun 2002-2008 dan dilanjutkan di SMP Negeri 8 Mandau pada tahun 2008-2011. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMK N 1 Mandau pada tahun 2011-2014. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan dengan kuliah di Perguruan Tinggi UIN Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru di Program Studi Teknik Elektro konsentrasi Telekomunikasi dan lulus tahun **2021** dengan penelitian tugas akhir berjudul “Perancangan Antena Mikrostrip Menggunakan U-Slot Untuk Meningkatkan *Bandwidth* Pada Mimo 4x4 Di Frekuensi 15 Ghz”.

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta D...
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.